



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ
ÚSTAV ŽELEZNIČNÍCH KONSTRUKCÍ A STAVEB
FACULTY OF CIVIL ENGINEERING
INSTITUTE OF RAILWAY STRUCTURES AND CONSTRUCTIONS

VYHODNOCENÍ GEOMETRICKÝCH PARAMETRŮ
KOLEJE S PODPRAŽCOVÝMI PODLOŽKAMI
ASSESSMENT OF GEOMETRY PARAMETERS OF TRACK WITH UNDER SLEEPER
PADS

DIPLOMOVÁ PRÁCE
MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

Bc. MICHAELA ŠKOVRA NOVÁ

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. MIROSLAVA HRUZÍKOVÁ, Ph.D.

BRNO 2013



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

Studijní program	N3607 Stavební inženýrství
Typ studijního programu	Navazující magisterský studijní program s prezenční formou studia
Studijní obor	3607T009 Konstrukce a dopravní stavby
Pracoviště	Ústav železničních konstrukcí a staveb

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Diplomant	Bc. MICHAELA ŠKOVŘANOVÁ
Název	Vyhodnocení geometrických parametrů koleje s podpražcovými podločkami
Vedoucí diplomové práce	Ing. Miroslava Hruzíková, Ph.D.
Datum zadání diplomové práce	31. 3. 2012
Datum odevzdání diplomové práce	11. 1. 2013
V Brně dne 31. 3. 2012	

.....
doc. Ing. Otto Plášek, Ph.D.
Vedoucí ústavu

.....
prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc.
Děkan Fakulty stavební VUT

Podklady a literatura

zprávy z vyhodnocení zkušebních úseků s podpražcovými podločkami
data z provedených měření
norma ČSN 73 6360-1 a ČSN 73 6360-2
služební rukověť SŽDC SR103/4(S)

Zásady pro vypracování

Proveďte hodnocení vývoje geometrických parametrů koleje ve zkušebních úsecích s podpražcovými podločkami v žst. Planá nad Lužnicí a v úseku Havlíčkův Brod - Okrouhlice. Vývoj GPK zhodnoťte z měření výškové polohy koleje pomocí přesné nivelace a porovnejte se záznamy z měřicího vozu. Vyhodnocení porovnejte s výsledky měření z předchozích let.

Předepsané přílohy

.....
Ing. Miroslava Hruzíková, Ph.D.
Vedoucí diplomové práce

Abstrakt

Diplomová práce zpracovává informace o způsobu a přínosu použití pražců s podpražcovými podložkami v zahraničí a hodnotí geometrické parametry koleje s podpražcovými podložkami ve zkušebních úsecích tratě Havlíčkův Brod – Okrouhlice a v žst. Planá nad Lužnicí. V diplomové práci je vyhodnoceno měření výškové polohy koleje přesnou nivelací a odchylky GPK naměřené měřícím vozem. V práci je vysloven závěr o vlivu podpražcových podložek na geometrické parametry koleje.

Klíčová slova

Pražec, podpražcové podložky, kolej, kolejnice, měřící vůz, geometrické parametry koleje

Abstract

The diploma thesis applies to under sleeper pads. It researches their using and benefits in foreign railway authorities. Further it assesses track geometrical parameters in the trial track section with under sleeper pads in track Havlíčkův Brod - Okrouhlice and in the railway station Planá nad Lužnicí. There were evaluated measurements of vertical alignment rails by precise leveling and deviations of track geometrical parameters measured by track measuring car in the diploma thesis. There is expressed an conclusion about the impact of under sleeper pads on track geometric data in the thesis.

Key words

Sleeper, under sleeper pads, track, rail, track measuring car, track geometrical parameters

Bibliografická citace

ŠKOVŘANOVÁ, Michaela. *Vyhodnocení geometrických parametrů koleje s podpražcovými podločkami*. Brno, 2013. 81 s. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav železničních konstrukcí a staveb. Vedoucí práce Ing. Miroslava Hruzíková, Ph.D.

Prohlášení autora

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci zpracovala samostatně a že jsem uvedla všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 10. 1. 2013

.....

podpis autora

Bc. Škovranová Michaela

Poděkování

Ráda bych poděkovala všem, kteří se podíleli na vzniku mé diplomové práce a to pomocí při měření v terénu a poskytnutí odborné literatury k danému tématu. Jmenovitě se jedná o Ing. Richarda Svobodu, Ph.D. a Ing. Miroslavu Hruzíkovou, Ph.D.

Velké poděkování patří především vedoucí mé diplomové práce paní Ing. Miroslavě Hruzíkové, Ph.D., která mi při zpracovávání diplomové práce velmi ochotně pomáhala a věnovala mi svůj volný čas při konzultacích a řešení problémů.

Poděkování patří také mé rodině, která mě podporovala při studiu.

Obsah:

1	Úvod	3
2	Podpražcové podložky	4
2.1	Materiál	5
2.2	Osazení USP na pražec	6
2.3	Životnost	7
3	Přínosy podpražcových podložek	7
3.1	Snižování namáhání konstrukčních součástí železničního svršku	8
3.2	Snižování namáhání konstrukčních vrstev tělesa železničního spodku	9
3.3	Snižování šíření vibrací do kolejového lože a úrovně hluku	9
3.4	Potlačení rozvoje skluzových vln v obloucích malého poloměru	10
3.5	Prodloužení cyklu čištění kolejového lože a podbíjení	10
3.6	Homogenizace svislé tuhosti kolejové jízdní dráhy.....	10
4	USP v zahraničí	11
4.1	Francie	12
4.2	Rakousko (ÖBB)	13
4.3	Švýcarsko - SBB	15
5	Zkušební úseky v ČR	16
5.1	Havlíčkův Brod - Okrouhlice	16
5.2	Planá nad Lužnicí	18
5.2.1	Nedostatky ve zkušebním úseku	20
6	Přehled zkoušek a sledovaných parametrů	21
7	Měření výškové polohy kleje metodou přesné nivelace	21
7.1	Geodetické přístroje, pomůcky a postup měření	21
7.2	Zkušební úsek Havlíčkův Brod - Okrouhlice	22
7.3	Zkušební úsek Planá nad Lužnicí	23
8	Měřicí vůz	24
8.1	Popis vozu	25
8.2	TMS – Track measuring systém	25
8.2.1	Kvazistálé parametry	26
8.2.2	Dynamické parametry	26
8.3	Výstup měření	27
8.4	Hodnocení jednotlivých parametrů	27
8.4.1	Hodnocení lokálních závad	27

8.4.2	Úsekové hodnocení	28
8.5	Provoz a údržba koleje	30
8.5.1	Provozní odchylky geometrických veličin	30
8.5.2	Mezní provozní odchylky geometrických veličin	30
9	Vyhodnocení výsledků	30
9.1	Přesná nivelace	30
9.1.1	Havlíčkův Brod – Okrouhlice	31
9.1.1.1	Odchylky od vyrovnaného stavu	32
9.1.1.2	Sedání	32
9.1.1.3	Zborcení	34
9.1.2	Planá nad Lužnicí	37
9.1.2.1	Odchylky od vyrovnaného stavu	38
9.1.2.2	Sedání	39
9.1.2.3	Zborcení	41
9.2	Měřicí vůz	45
9.2.1	Havlíčkův Brod – Okrouhlice	45
9.2.1.1	Převýšení koleje	45
9.2.1.2	Směr koleje	47
9.2.1.3	Podélná výška koleje	51
9.2.1.4	Rozchod koleje	53
9.2.1.5	Zborcení koleje	55
9.2.2	Planá nad Lužnicí	57
9.2.2.1	Odchylky v převýšení koleje	57
9.2.2.2	Směr koleje	60
9.2.2.3	Podélná výška koleje	63
9.2.2.4	Rozchod koleje	66
9.2.2.5	Zborcení koleje	67
9.3	Porovnání nivelace - měřicí vůz	70
9.3.1	Převýšení	70
9.3.1.1	Havlíčkův Brod - Okrouhlice	70
9.3.1.2	Planá nad Lužnicí	71
9.3.2	Zborcení	71
9.3.2.1	Havlíčkův Brod - Okrouhlice	72
9.3.2.2	Planá nad Lužnicí	72

10	Závěr	73
----	-------------	----

1 Úvod

Neustálá snaha o zvyšování rychlostí vlaků a hmotnosti na nápravu na železničních tratích vede k rozvoji dynamických účinků, které působí na konstrukci koleje. Dochází k rozvoji poruch a závad, které se projevují rozpadem geometrických parametrů koleje a k dalšímu zvyšování dynamických účinků. Opakovaná oprava prostorové polohy koleje mívá malou trvanlivost, téměř vždy se kolej v krátkém časovém období navrátí do původního stavu a rozvoj vady pokračuje rychlejším tempem než bez opravného zásahu.

Dynamické účinky se zmenšují snižováním statického a dynamického zatížení, úpravami dynamických vlastností soustavy vozidlo - kolej. Do koleje se vkládají pružné prvky, které slouží k snížení tuhosti jízdní dráhy a roznášejí kolové síly na delším úseku koleje. V současnosti je používání pružných prvků samozřejmostí, jsou to: pružné podložky pod patou kolejnice, podložky pod podkladnicí, podštěrkové rohože a nově podpražcové podložky.

Podpražcové podložky jsou používány již více než deset let na trasách s rychlostí až 300 km/h - Francie, Švýcarsko, Norsko, Dánsko, Nizozemsko a Švédsko. Jsou to pružné desky, které se umisťují na ložnou plochu pražce a pevně se s ní spojují. Různé (evropské) žel. správy mají s použitím podpražcových podložek různé zkušenosti, s každou zprávou hlášení přicházejí poněkud odlišné výsledky. Některé žel. správy (např. SNCF, DB) již představily podpražcové podložky jako standardní řešení pro speciální aplikace za účelem zlepšení geometrie trati. [12]

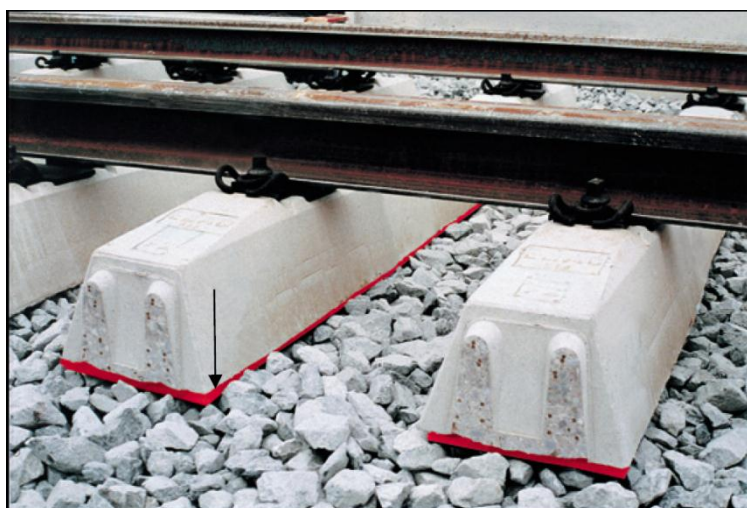
S ohledem na snížení vibrací, zkušenosti ukazují, že pokud je vliv podpražcových podložek roven vlivu alternativního řešení (např. podštěrkovým rohožím), pak bude použití podpražcových podložek nákladově nejefektivnější možnost. Vzhledem k tomu, že v současné době neexistuje evropský standard sdružující požadavky na vlastnosti podpražcových podložek, uvádějí jednotliví výrobci rozdílné údaje. Přesné určení technických požadavků na podpražcové podložky a pražce s pružnou ložnou plochou obsahuje pouze německá drážní norma BN 918 145. V první části normy jsou shrnuty požadavky na podpražcové podložky, v druhé části požadavky na pražce s podpražcovými podložkami. Materiálovými vlastnostmi podpražcových podložek se zabýval projekt „Under Sleeper Pads“, řešený v letech 2005 - 2007 a projekt „USP in Track“, jehož řešení bylo ukončeno na konci roku 2012.

Výsledky vyspělých železničních správ - DB, ÖBB a SNCF, které již s využitím podpražcových podložek v konstrukci běžné koleje nebo výhybek a výhybkových spojení již zkušenosti mají, jednoznačně vykazují přínos konstrukce železničního svršku s podpražcovými podložkami v oblasti redukce sedání pražců, snížení hluku a vibrací a ojetí kolejnicových pásů. Použití podpražcových podložek v konstrukci železničního svršku způsobuje zpružnění konstrukce a zvětšení styčné plochy mezi pražcem a kolejovým ložem. Podpražcové podložky tak zpomalují rychlost rozpadu kolejového lože pod betonovým pražcem. [6]

V ČR jsou v současné době pražce s podpražcovými podložkami nainstalovány ve dvou zkušebních úsecích, v traťovém úseku Havlíčkův Brod - Okrouhlice a v žst. stanici Planá nad Lužnicí. Oba úseky byly uvedeny do běžného provozu v roce 2008.

2 Podpražcové podložky

Podpražcové podložky (zkr. USP z ang. Under Sleeper pads) jsou pružné desky, které se umísťují na ložnou plochu pražce a pevně se s ní spojují. Pružná plocha může být tvořena více vrstvami, některé z nich mohou být zabudovány do pražce. Vlastnosti podložek se volí podle předpokládaného použití, rozhodující je hmotnost na nápravu a rychlost vlaků.



Obr. č. 1 - Umístění USP v konstrukci železniční dráhy [1]

2.1 Materiál

Podpražcová podložka může být tvořena různými materiály, nejčastěji se používá polyuretan, pryž a EVA (Lupolen). Podložky mohou být z homogenního materiálu anebo jsou profilované z důvodu úpravy tuhosti. Často jsou vytvářené jako sendvič různých materiálů, např. ochranné fólie, pružné vrstvy a pojící mřížky.

Obvyklá tloušťka pružné vrstvy je 10 mm. Ve výjimečných případech se používají i menší tloušťky, ale je třeba vzít v úvahu funkčnost podložek s ohledem na zatlačení hran kameniva do podložky. Profilované podložky jsou navrhovány ve větší tloušťce.

Podložky musí být chráněny při podbíjení. Z tohoto důvodu nepokrývají celou ložnou plochu pražce, ale jsou o 5 - 10 mm menší. Hrana pražce chrání hranu podložky. Podložky mají otvory, které kopírují otvory v betonovém pražci pod hmoždinkami pro vrtule pro upevnění. Nemusí pokrývat celou ložnou plochu pražce, ale mohou být jen na části pražce pod úložnou plochou v závislosti na úhlu roznášení zatížení. U dlouhých výhybkových pražců lze také použít podložky různé tuhosti po délce pražce. [9]

Ze zkušeností zemí, které používají konstrukci kolejového lože s USP, vyplývají parametry:

Typ USP		Tuhá	Měkká
Tuhost USP		70 kN/mm	30 kN/mm
Měřená hloubka zatlačení zrn do USP	Převažující interval hodnot	0,7 - 2 mm	0,6 - 0,7 mm
	Ojedinelé max. hodnoty	2,3 mm	1,4 mm

Tab. č. 1 - Míra zatlačení zrn kolejového lože do USP [1]

Typ USP	Bez USP	Tuhá	Měkká
Tuhost USP	-	70 kN/mm	30 kN/mm
Aktivovaná kontaktní plocha	≤12%	18%	36%

Tab. č. 2 - Aktivní plochy dotyku mezi pražcem a kolejovým ložem [1]

2.2 Osazení USP na pražec

Podpražcové podložky se zřizují: [1]

- nanášením stříkáním nebo nátěrem na hotový pražec
- lepením podložky na hotový pražec
- vložením podložky přímo do čerstvého betonu při výrobě pražce
- vložením do čerstvého betonu prostřednictvím pojící vrstvy v podložce (např. pomocí struktury tvořené válečky nebo rýhami, drátěné mřížky, geomembrány, jemného kameniva)
- nanášením materiálu za pomoci mikrovlnného ohřevu pod tlakem (dosud pouze zkoušky)

Podpražcové podložky mohou být připevněny na betonový, dřevěný nebo ocelový pražec.



Obr. č. 2 - Výroba spoje USP - pražec [1]

Podpražcové podložky mohou být také instalovány dodatečně na stávající trati se štěrkovým ložem, což umožňuje reagovat na problémy životního prostředí s minimálními náklady a narušením dopravního proudu.

2.3 Životnost

Na životnost USP mají podstatný vliv následující podmínky a požadavky.

Materiál USP by se:

- neměl odlupovat
- neměl odlepovat
- měl by odolávat působení špiček a hran materiálu kolejového lože

Poloha USP na ložné ploše pražce je obvykle redukována po stranách o 5 – 10 mm oproti rozměrům pražce z důvodu ochrany USP před kladivy podbíječky. V USP jsou otvory v místě přímo pod hmoždinkami. Spolupůsobení USP se zrní kolejového lože přímo negativně ovlivňuje životnost USP, ale pozitivně působí na kvalitu GPK. Zvětšením kontaktní plochy mezi USP a šterkem zmenšuje příčný odpor kolejového roštu v kolejovém loži.

Doba životnosti podpražcových podložek se předpokládá stejná jako životnost pražce, která byla stanovena dle výsledků únavových zkoušek na dobu cca 40 let. [1]



Obr. č. 3 - Tvar USP na betonové pražci [1]

3 Přínosy podpražcových podložek [5] [12]

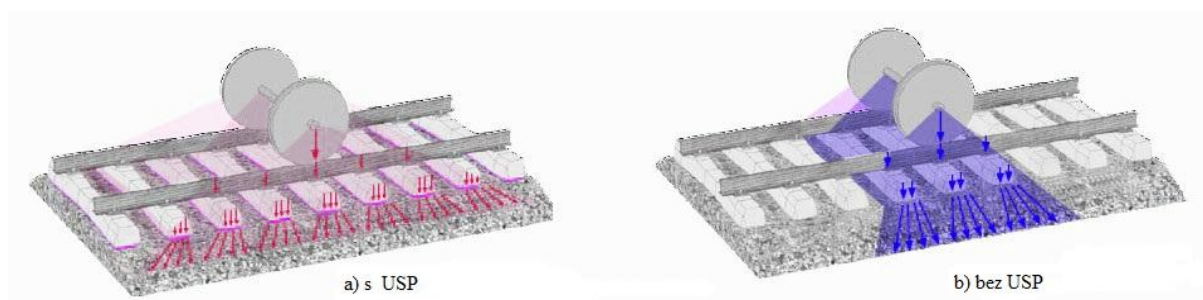
- snižování namáhání konstrukčních součástí železničního svršku
- snižování namáhání konstrukčních vrstev tělesa železničního spodku

- snižování šíření vibrací do kolejového lože a úrovně hluku
- potlačení rozvoje skluzových vln v obloucích malého poloměru
- prodloužení cyklu čištění kolejového lože a podbíjení
- zlepšení kvality trati
- kompenzace lokálních rozdílů v tuhosti trati, např. přechody mezi různými konstrukcemi, mostem a náspem, na úrovněových přejezdech
- redukce vysokofrekvenčních vibrací a hluku šířeného hmotou
- USP jsou používány jako alternativa podštěrkovým rohožím ve frekvenčním pásmu nad 40 - 50 Hz

3.1 Snižování namáhání konstrukčních součástí železničního svršku

Pražce s pružnou vrstvou na ložné ploše lépe roznášejí namáhání na lavičku kolejového lože, protože se zvětšuje plocha, na které je pražec podepřen. Vzhledem k vyšší pružnosti dochází k redukci dynamického přírůstku kolových sil, tedy ke snížení průměrného tlaku ve šterkovém loži a podloží. Kolová síla je roznášena po délce koleje a dochází k potlačení lokálního extrému napětí pod pražcem. Dochází ke snížení sil připadajících na pražec. USP ale vede k většímu průhybu, rychlosti a zrychlení obou kolejnic a pražce. Další pružnost by mohla způsobovat nevýhody zejména v určitých frekvenčních pásmech.

V současnosti SNCF podložky používá pro betonové pražce ve výhybkách v oblasti stavěcího zařízení a závěrů výměn a pohyblivých částí srdcovek, ve speciálních místech např. dilatační spáry na konci dlouhých mostů na tratích TGV, za účelem snížení hloubky zátěže. Pražce s pružnou plochou se používají také s cílem snížení tloušťky kolejového lože u objektů, kde použití standardní tloušťky kolejového lože není možné. [5] [12]



Obr. č. 4 - Roznos zatížení s/bez USP [5]

3.2 Snižování namáhání konstrukčních vrstev tělesa železničního spodku

Snižování dynamických účinků je důležité především pro nesoudržné písčité zeminy, zejména nestabilní pohyblivé, špatně zrněné písky. Z dynamických analýz vyplývá, že rozhodující úlohu v tlumení vibrací hrají materiály konstrukčních vrstev a zeminy podloží.

Na podzim roku 2002 byl vytvořen zkušební úsek s pražci s pružnou ložnou plochou délky 500 m na trati Hamburg - Berlín pro rychlost 230 km/h. V úseku byly měřeny poklesy a průhyby pražců, parametry vibrací součástí železničního svršku a konstrukčních vrstev. Na základě výsledků je patrný pozitivní vliv podpražcových podložek na snižování dynamických účinků a snížení namáhání železničního spodku. [12]

3.3 Snižování šíření vibrací do kolejového lože a úrovně hluku

Vlivem provozu vznikají vibrace v pásmu 30 - 200 Hz, které způsobují zpětně vyzařovaný hluk v budovách = hluk šířící se podložím. Dominantním zdrojem hluku šířícím se vzduchem při jízdě vozidla po železniční trati je „hluk z válení“. Omezení nebo snížení hlukových emisí je nejvíc účinné u zdroje. Je prokázáno, že 80 % akustické energie je vyzařeno do výšky jednoho metru. Z tohoto důvodu by nejrůznější protihluková opatření měla být aplikována především na vozidlo a trať.

Podpražcové podložky jsou vhodné k dosažení podstatného snížení vibrací a hluku, který se šíří hmotnou strukturou jak v tunelech, tak na širé trati. Pomocí USP lze ovlivnit chování pražců v požadované oblasti frekvenčního spektra, lze tak potlačit vznik vibrací a emise hluku v těchto frekvencích. Snížení je účinné od frekvence nad cca 40 Hz a dosahuje úrovně 8 - 15 dB. Trvalé zlepšení nízkofrekvenčních vibrací je možné pouze v omezené míře.

Koleje s podpražcovými podložkami vykazují menší rozvoj vad pojížděných ploch kolejnic, díky tomu je hlučnost koleje menší než u srovnatelné koleje bez podpražcových podložek.

Ve zkušebních úsecích se sledují kromě hlučnosti také parametry vibrací, pohyby pražců a kolejnic a měření nepravidelnosti na pojížděné ploše. Na některých měřených úsecích v evropských zemích došlo ke snížení vibrací až o 30 %. [5] [12]

3.4 Potlačení rozvoje skluzových vln v obloucích malého poloměru

Skluzové vlny vznikají v obloucích o poloměru pod 600 m. Vznikají v důsledku prokluzových pohybů vnitřního kola. Jsou to periodické nerovnosti s 8 - 30 cm dlouhými vlnami, jejich hloubka se pohybuje mezi 0,1 a 1,2 mm.

Hlavním cílem pro použití podpražcových podložek u ÖBB byla původně snaha o snížení rozvoje skluzových vln v obloucích malého poloměru. ÖBB se snažila o jejich snížení pomocí redukce vibrací, příčných odporů pražců a stability kolejového roštu a kolových a vodicích sil. Ve zkušebním úseku, který byl dlouhý 31 km a pojížděn rychlostí až 250 km/h, došlo k potlačení rozvoje skluzových vln. Ukázalo se, že použití pražců s pružnou ložnou plochou je i finančně efektivní. Podobné výsledky byly získány také na zkušebních úsecích od DB AG. [12]

3.5 Prodloužení cyklu čistění kolejového lože a podbíjení

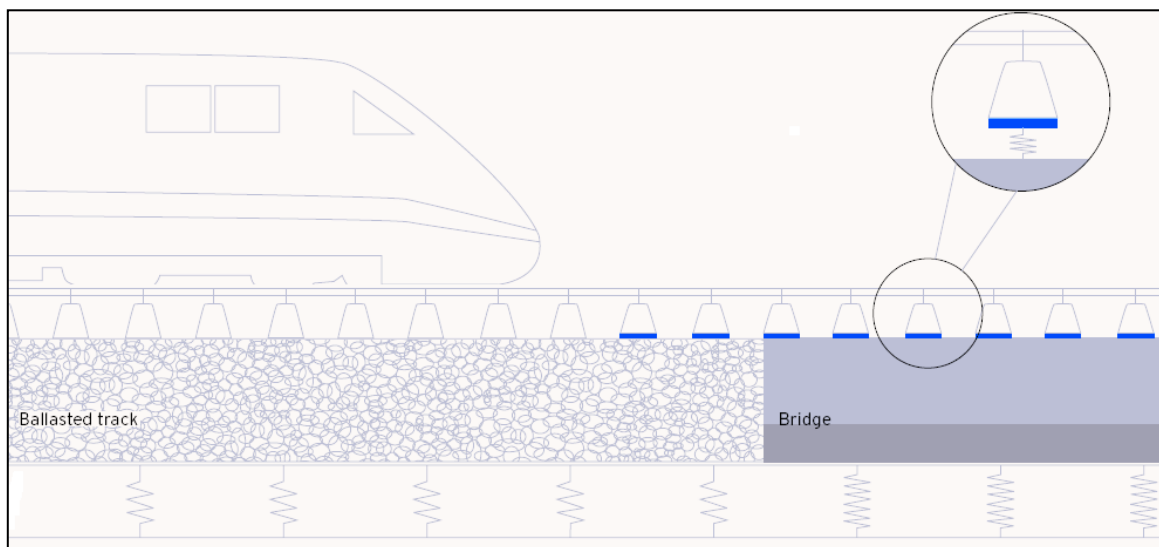
Při použití pražců s pružnou ložnou plochou je rozpad GPK pomalejší, kolej není potřeba tak často podbíjet. Cyklus podbíjení se tedy prodlužuje. Při zkoušení na zkušebních úsecích bylo zjištěno, že poškozování trati s USP (za srovnatelných podmínek) je o 40 - 70 % menší v porovnání s konvenční dráhou, což vede k lepší kvalitě kolejí a nižším nákladům na údržbu.

Při zkoušení v horších podmínkách je také poškozování na vysokorychlostní trati s USP menší než u běžné dráhy, ale nemusí přinést zlepšení v každé situaci. Ze tří zkušebních úseků dva vykazovali postupné mírné zhoršování kvality, třetí úsek měl velmi nízkou míru poškození a udržuje si stále dobrou kvalitu trati. [12]

3.6 Homogenizace svislé tuhosti kolejové jízdní dráhy

Rozdílná tuhost jízdní dráhy je zdrojem přídavného dynamického namáhání, které vede k rychlému rozpadu GPK tratě, zvyšování nákladů na údržbu a snižuje pohodlí cestujících. Pomocí podpražcových podložek jsou minimalizovány rozdíly v deformacích, což

vede k pomalejší změně tuhosti. Použití USP umožňuje zvýšit komfort pro cestující, snížit náklady na životní cyklus a rušivé vibrace. [5]



Obr. č. 5 - Použití USP pro přechod mezi různými tuhostmi koleje [5]

4 USP v zahraničí

USP jsou používány již více než 10 let na trasách s rychlostí až 300 km/h. V současné době je problematika USP řešena na úrovni mezinárodní žel. unie UIC v rámci projektu „USP in Track“. Na vývoji a výzkumu se podílí 11 evropských států, včetně České republiky, která zkoumá vliv podpražcových podložek na konstrukci kolejové jízdní dráhy v tuzemských podmínkách. S USP jsou tedy již rozsáhlé zkušenosti, ale od železničních správ přichází různé výsledky. Některé železnice (např. SNCF, DB) již představily USP jako standardní řešení pro speciální aplikace za účelem zlepšení geometrie trati.

Výsledek vespělých železničních evropských správ, zejména DB, ÖBB a SNCF, které s využitím USP v konstrukci běžné koleje nebo výhybek a výhybkových spojení již zkušenosti mají, jednoznačně vykazují přínos konstrukce železničního svršku s USP. Sedání koleje je pomalejší, ale svislé poklesy (posuny/zatlačení) pražců pod projíždějícím vlakem je větší. Dochází k útlumu hluku a vibrací a snížení opotřebení kolejnicových pásů – např. vlnovitosti a skluzových vln. Výhody, které použití USP do konstrukce železničního svršku přináší, vyplývají nejen ze zpružnění konstrukce, ale i ze zvětšení styčné ložné plochy

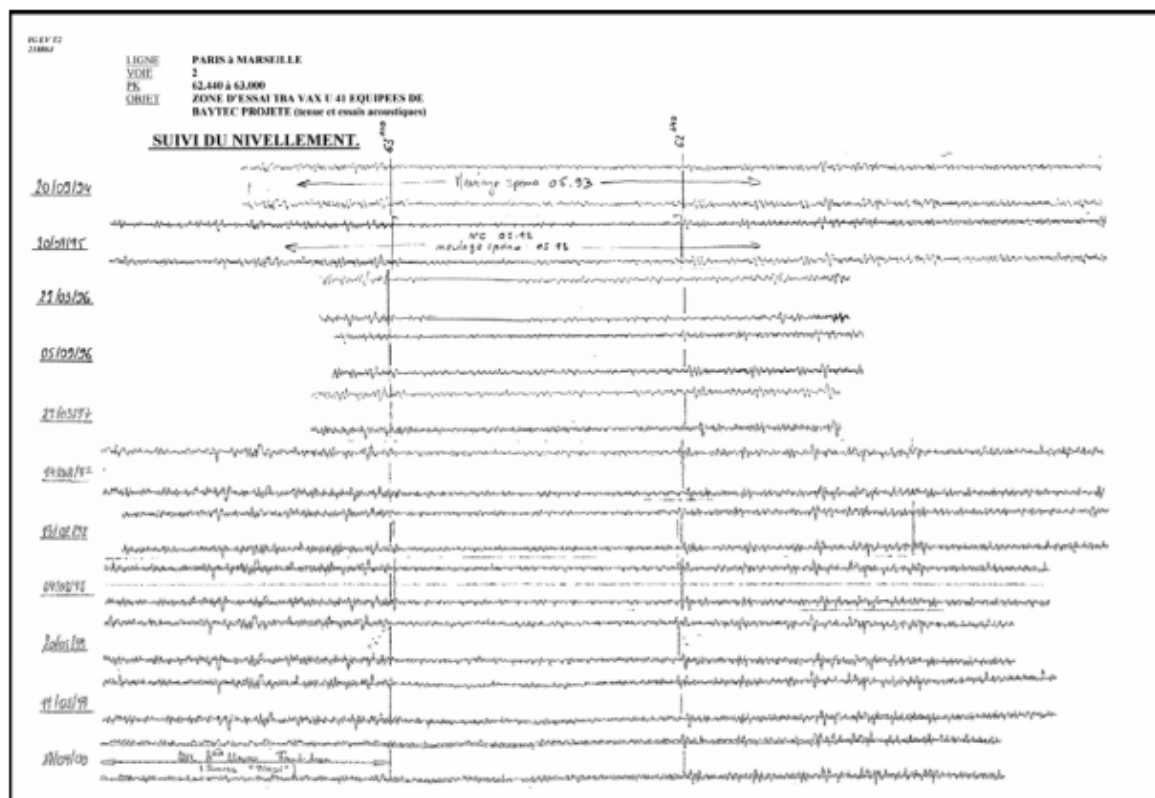
pražce s materiálem kolejového lože. Vše současně zpomaluje rychlost rozpadu tvaru kolejového lože pod betonovým pražcem. [12]

4.1 Francie

První testy USP byly provedeny SNCF v laboratoři již v roce 1989. Pro testování byly použity betonové kostky, některé z nich byly pokryty polyuretanem, ostatní byly ponechány holé. Testy byly zaměřeny na životnost podložek s ohledem na jejich opotřebení. Výsledky byly dobré, kostky pokryté polyuretanem vykazaly minimální opotřebení oproti holým kostkám, které byly výrazně opotřebený. Během testů se ukázalo, že polyuretanové USP pražce mají boční odpor ekvivalentní standardním pražcům a také hladina hluku byla stejná jako u standardních pražců. Vzhledem k výsledkům dospěla SNCF k závěru, že při použití pražců s pružnou ložnou plochou se prodlouží životnost kolejového lože i pražců.

První zkušební úsek ve Francii byl zřízen na trati Paříž - Marseille, v koleji č. 2, km 62,440 - 63,000. Měření zde probíhá od roku 1994. Byly použity prefabrikované polyuretanové podložky „PRA“, které se dnes běžně používají:

- pro betonové výhybkové pražce, kde je komplikované podbíjení pražců
- pod betonové pražce pod srdcovkou výhybky k vyrovnání tuhosti
- pod betonové pražce ve speciálních místech, např. dilatační spáry na konci dlouhých mostů na tratích TGV
- pro zvýšení stability GPK
- za účelem snížení namáhání pražcového podloží



Obr. č. 6 - Stav parametru podélné výšky kolejnicových pasů – trať TGV: Paris – Marseille [12]
(ve střední vytyčené oblasti jsou osazeny USP)

SNCF předpokládá použití USP pro snížení namáhání pražcového podloží na vysokorychlostních tratích (TGV).

4.2 Rakousko (ÖBB)

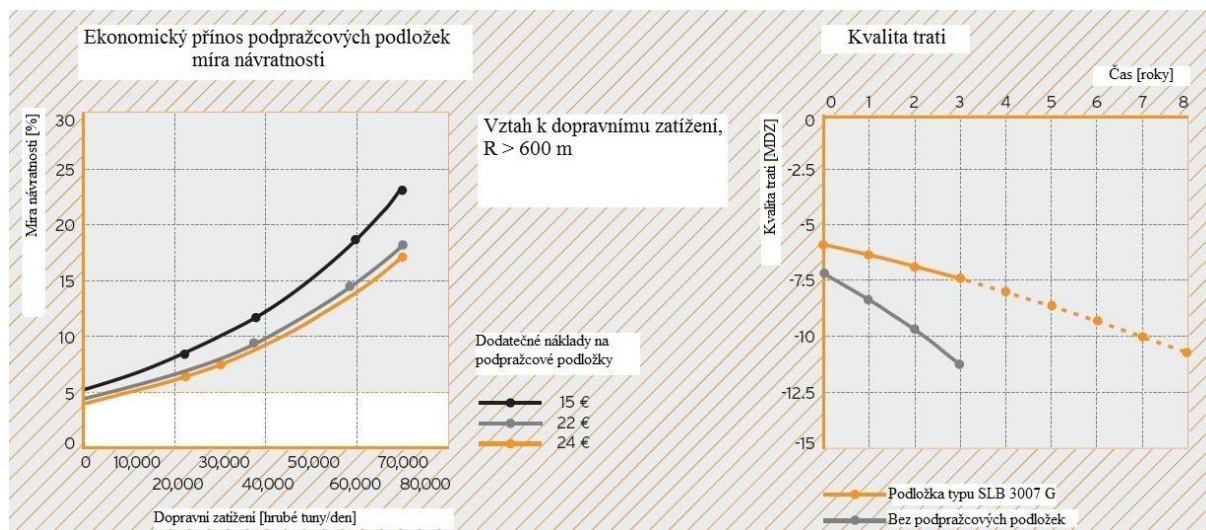
V Rakousku byl vybudován zkušební úsek s podpražcovými podložkami na trati Linz - Salzburg, na kterém dosahuje zatížení trati 21 miliónů hrubých tun za rok. Úsek byl zřízen ve složeném směrovém oblouku s traťovou rychlostí 110 km/hod v délce 650 m.

První testy, jejichž hlavním cílem bylo posoudit jejich vliv na namáhání, na pražcích s podpražcovými podložkami byly provedeny od roku 1997. Výsledky byly velmi pozitivní, dokázaly možnost prodloužení podbíjecích cyklů alespoň o 100 %. Na základě těchto pozitivních výsledků, instalovaly rakouské železnice USP do tratí. Za určitých podmínek jsou

betonové pražce s podpražcovými podložkami nyní standardním řešením pro hlavní tratě a výhybky. [5]

ÖBB spolu s rakouskou společností vyrábějící podpražcové podložky Getzner, požádali ústav pro železniční stavitelství a dopravní ekonomiku na technické univerzitě v Grazu o analýzu technických a ekonomických dopadů při použití podpražcových podložek. V roce 2009 vznikl projekt WINS. Cílem projektu WINS bylo shromáždit poznatky z různých zkušebních úseků. Měření se prováděla na více než 1500 průřezích a ukázala výrazné zlepšení geometrie koleje, což umožňuje prodloužení intervalů údržby a životnosti trati. Tyto účinky výrazně sníží náklady na životní cyklus svršku a to i přes vyšší investiční náklady. S využitím výsledků studie odborníci vypracovali výpočetní nástroj na výpočet nákladů na životní cyklus, který lze použít pro výpočet nákladové efektivity při použití podpražcových podložek. Tento LCC model umožňuje statistickou podporu pro traťovou strategii.

Největší ekonomický přínos při použití USP byl zjištěn na tratích s vysokým zatížením. V denním provozu zatížení 70 000 tun/den se sníží náklady o jednu třetinu, popřípadě míra návratnosti je 16 %. Při dopravním zatížení 10 000 tun/den je míra návratnosti už jen 3 – 5 %. Jednotlivé analýzy také ukázaly, že podpražcové podložky s nižším modulem ložnosti (např. Sylomer – SLS 1308G) způsobují další zlepšení kvality trati. [13]



Obr. č. 7 - Přínos USP zjištěný studií WINS [5]

Výsledky snížení nákladů použitím USP pomocí analýzy LCC:

- prodloužení intervalu mezi podbíjením minimálně o 100 %

- zvýšení životnosti nejméně o 25 %
- menší vlnovitost v obloucích malého poloměru
- pomalejší rozpad geometrických parametrů koleje
- větší kontaktní plocha mezi betonovými pražci a štěrkovým ložem

Studie WINS jako první na světě na základě úplné analýzy železniční sítě dodala statistické důkazy o návratnosti investic při použití podpražcových podložek. [5] [13]

4.3 Švýcarsko - SBB

Podpražcové podložky byly nainstalovány na trati Matstetten - Rothrist za účelem snížení výšky kolejového lože. Pomocí USP bylo možné snížit použití podštěrkových rohoží o 50 %. Podpražcové podložky byly následně instalovány také v Curychu u hlavního nádraží a ve zkušebních úsecích v Kiesen, kde bylo použito pět různých typů USP od pěti výrobců. Tyto úseky pak pravidelně procházely řadou srovnávacích testů. Použití USP vedlo k snížení potřeby údržby a k snížení celkových životních nákladů. Byly použity:

- ve výhybkách
- v přechodových oblastech
- na krátkých mostech
- pro zlepšení geometrie trati
- za účelem snížení namáhání pražcového podloží
- za účelem snížení šířeného hluku a vibrací
- za účelem zajištění lepšího rozložení zatížení

SBB svůj první zkušební úsek s USP vybudovala v roce 1986. Úsek je dlouhý 40 m a je situován v tunelu. Po více než 20 let provozování nebyly zaznamenány problémy stability koleje nebo materiálu. Poté byly podpražcové podložky použity na nové vysokorychlostní trati mezi Bernem a Oltenem pro prodloužení životního cyklu tratě s kolejovým ložem v tunelu. Trať je 16 km dlouhá, jednokolejná, USP jsou na betonových pražcích. Od konce roku 2004 byla linka v provozu s rychlostí 160 km/h, od prosince 2007 je maximální rychlost 200 km/h. [6]

5 Zkušební úseky v ČR [1] [7]

Hlavní problémy v provozu jsou:

- zvýšený výskyt vad kolejnic v kolejích s oblouky malého poloměru (poloměr oblouku do 400 m) – např. tvorba vlnovitosti nebo skluzových vln
- degradace GPK ve výměňové a srdcovkové části výhybky (poklesy pražců)
- hluk a vibrace na tratích ČR [1]

S ohledem na tyto problémy byly v ČR vybudovány dva zkušební úseky s podpražcovými podložkami. První se nachází v úseku Havlíčkův Brod - Okrouhlice (oblouk malého poloměru) a druhý v Plané nad Lužnicí (výhybka). Zkušební úseky jsou od svého vybudování sledovány a jsou na nich prováděna pravidelná měření (výšková poloha koleje, zrychlení vibrací, pokles kolejnic a pražců pod jedoucimi vozy). V rámci diplomové práce jsou zpracována data z měření přesné nivelace a data z měření měřícím vozem za rok 2012.

5.1 Havlíčkův Brod – Okrouhlice



Obr. č. 8 - Zkušební úsek Havlíčkův Brod - Okrouhlice [3]

Zkušební úsek s podpražcovými podložkami byl vybudován v mezistaničním úseku Havlíčkův Brod - Okrouhlice. Pražce s USP se nacházejí v koleji č. 1 v oblouku malého poloměru, od km 224,800 do 225,150, v délce 350 m. Ve zkušebním úseku jsou tyto parametry konstrukčního a geometrického uspořádání:

$$R = 288 \text{ m}$$

$$V=75 \text{ km/h}; D = 139 \text{ mm}; I = 92 \text{ mm}; \alpha_s = 52,4917^\circ; d_o = 143,222 \text{ mm}$$

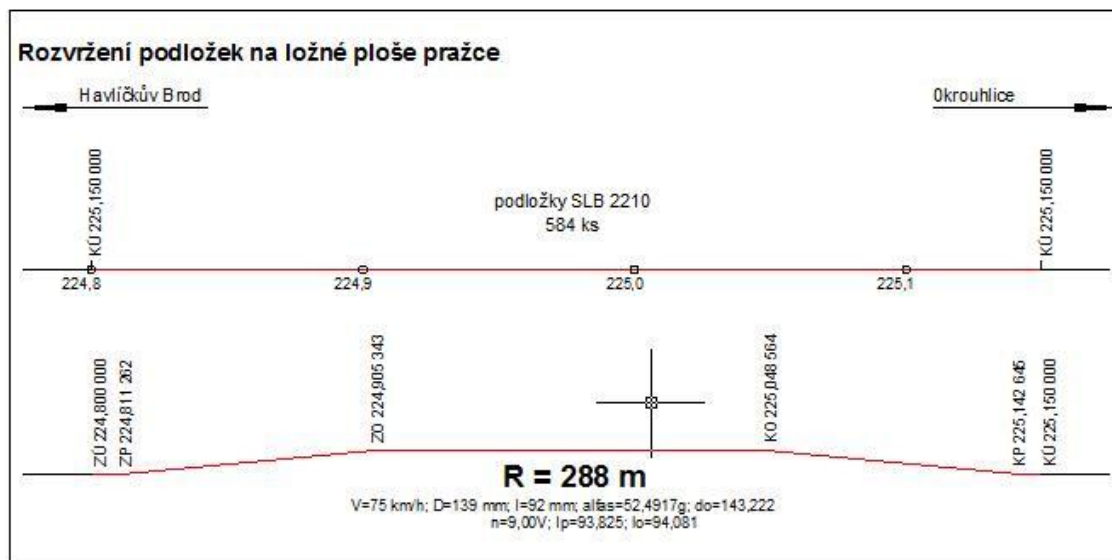
$n = 9,00V$; $l_p = 93,825$ m; $m = 1,317$ m; $T = 173,440$ m; přechodnice kub.parabola
 $n = 9,00V$; $l_p = 93,825$ m; $m = 1,317$ m; $T = 173,440$ m; přechodnice kub.parabola

Konstrukci železničního svršku tvoří kolejnice 60 E 1, betonové pražce B 91 S a pružné bezpodkladnicové přímé upevnění W 14. V sousedství zkušebního úseku bylo použito zpružněné upevnění kolejnic E 14. Vzhledem k tomu, že výsledná tuhost kolejové jízdní dráhy s tímto upevněním je podobná jako spojitá svislá tuhost s upevněním W 14 na pražcích s podpražcovými podložkami, nebyly ve zkušebním úseku vybudovány přechodové oblasti.

Ve zkušebním úseku je pružná ložná plocha pražce tvořena podpražcovými podložkami, nalepenými na ložné ploše pražců. Byly použity podložky od rakouského výrobce Getzner, typ SLB 2210 (modul ložnosti $0,220$ až $0,250$ N.mm⁻³) tloušťky 10 mm.

V měřeném úseku se nacházejí dvě mostní konstrukce. První, s průběžným kolejovým ložem, se nachází ve staničení od km 225,013 do km 225,031 a druhá v km 225,058, kde se jedná o most s přesypávkou a světlostí konstrukce 6 m.

V úseku od km 224,800 (začátek úseku s USP) do km 224,950 byla provedena sanace železničního spodku. [7]



Obr. č. 9 - Rozvržení zkušebního úseku Havlíčkův Brod - Okrouhlice

5.2 Planá nad Lužnicí



Obr. č. 10 – Zkušební úsek v žst. Planá nad Lužnicí [3]

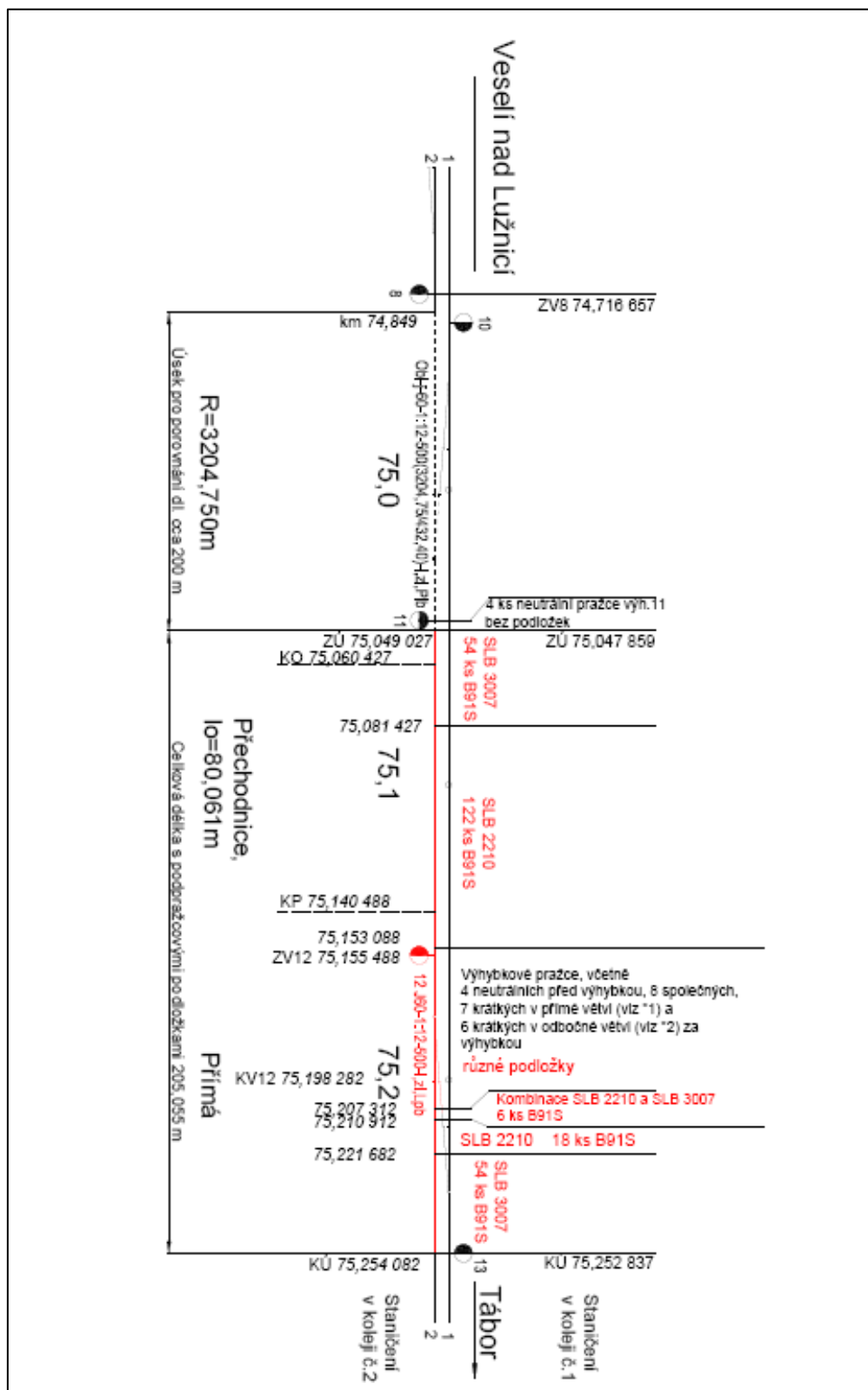
Zkušební úsek s podpražcovými podložkami, nacházející se od km 75,049 027 do km 75,254 082, byl zřízen v roce 2007 v koleji č. 2. Úsek je dlouhý 205,055 m a zahrnuje výhybku č. 12: J60-1:12-500-I. Podložky se nacházejí v části oblouku bez převýšení s poloměrem 3204,75 m a v části přechodnice.

Jako základní typ podpražcových podložek byl v tomto zkušebním úseku použit typ SLB 2210, tj. stejný typ jako ve zkušebním úseku v Havlíčkově Brodě. V srdcovkové části výhybky a u dlouhých pražců za výhybkou jsou zkombinované podložky základní tuhosti s podložkami měkčími. Uspořádání podpražcových podložek ve výhybce je uvedeno na obr. č. 19.

V přechodových úsecích, nacházejících se mimo oblast výhybkové konstrukce, byly z důvodu plynulého přechodu mezi kolejí s běžnými pražci a kolejí s podpražcovými podložkami použity podložky s modulem ložnosti $0,300 \text{ N.mm}^{-3}$, typ SLB 3007. Navržená délka přechodové oblasti vychází ze zkušeností zahraničních provozovatelů drah. Přechodový úsek byl navržen tak, aby průjezd úsekem jedné svislé tuhosti trval minimálně 0,5 s, což odpovídá délce po zaokrouhlení úseku 22 m při rychlosti 160 km/h.

Délka přechodových úseků byla zvolena 54 pražců na obou koncích zkušebního úseku. Výhybka č. 11 s přilehlým úsekem koleje k výhybce č. 8 byla vybrána jako srovnávací úsek klasické konstrukce pro měření v rámci provozního ověřování ve zkušebním úseku.

Výsledné uspořádání zkušebního úseku je znázorněno na obr. č. 11, kde jsou úseky s pružnou ložnou plochou označeny červenou barvou. [7]



Obr. č. 11 – Rozvržení zkušebního úseku pro výchybku v žst. Planá nad Lužnicí

5.2.1 Nedostatky ve zkušebním úseku

Dne 9. 11. 2007 po dokončení pokládky výhybky č. 12: J60-1:12-500-I bylo zjištěno, že ve výhybce byly osazeny pražce bez USP (výhybkové pražce s podpražcovými podložkami, které měly být použity ve výhybce, se nacházejí za protihlukovou stěnou). Z tohoto důvodu proběhla jednání se zhotovitelem a po zhodnocení stavu byla přijata opatření, mezi kterými bylo např. snížení rychlosti na 30 km.h^{-1} přes výhybku č. 12. V únoru roku 2008 byla svolána kontrola, aby zjistila stav zkušebního úseku po pokládce výhybky a přilehlých úseků běžné koleje.

Zjištěné závady na zkušebním úseku:

- 1) Ve výhybce č. 12 se nacházelo 8 dlouhých (č. 15-071 až 15-078) a 3 krátké pražce (00-001) bez podpražcových podložek
- 2) 3 krátké pražce (00-001) s podpražcovými podložkami ve stejné výhybce měly různé tuhosti. Byly nalepeny na pražce zrcadlově na osu pražce, přičemž podložky menší tuhosti měly být nalepeny na straně srdcovky
- 3) v oblasti za výhybkou nebylo umístění prvních sedmi pražců B 91S v souladu s výnosem

Na základě zjištěných závad byly provedeny opravné práce:

- 1) 19. - 20. 3. 2008 byly přelepeny chybně nalepené podpražcové podložky na dosud nevložených pražcích. Zhotovitel po dohodě s ŽPSV OHL, pražce na skládce rozložil, přelepení provedli pracovníci ŽPSV OHL
- 2) 6. - 7. 4. 2008 byla provedena výměna pražců bez podpražcových podložek za pražce s USP. Během výměny byly přelepeny chybně nalepené podložky na krátkých pražcích, které byly již dříve vloženy do koleje. Po přelepení byly pražce vloženy zpět.
- 3) Po podbití výhybky č. 12 a uplynutí konsolidační doby byla odstraněna pomalá jízda rychlostí 30 km.h^{-1} . [7]

6 Přehled zkoušek a sledovaných parametrů

V rámci mé diplomové práce byly sledovány tyto jevy nebo veličiny:

- kvalita geometrických parametrů koleje
- sedání koleje

K hodnocení jednotlivých parametrů byly použity tyto metody:

- pro sledování výškové polohy koleje a sedání koleje byla použita přesná nivelace
- měřicí vůz pro sledování odchylek rozchodu koleje, směru koleje, podélné výšky koleje a převýšení koleje

Ve zkušebním úseku pro oblouk malého poloměru v úseku Havlíčkův Brod - Okrouhlice byla provedena v roce 2012 tato měření:

- výšková poloha koleje pomocí přesné nivelace dne 23. 3., 12. 7. a 30. 11. 2012
- měřicí vůz dne 2. 4., 23. 5. a 17. 10. 2012

Ve zkušebním úseku pro výhybkovou konstrukci v žst. Planá nad Lužnicí byla provedena tato měření:

- výšková poloha koleje pomocí přesné nivelace dne 23. 3., 14. 8. a 30. 11. 2012
- měřicí vůz dne 25. 3., 11. 7. a 4. 12. 2012

7. Měření výškové polohy koleje metodou přesné nivelace

7.1 Geodetické přístroje, pomůcky a postup měření

Při nivelování zkušebních úseků byly použity tyto přístroje a pomůcky:

- nivelační podložka
- nivelační lať GLS 111
- kovový stativ s popruhem
- digitální nivelační přístroj Leica SPRINTER 150 M



Obr. č. 12 - Geodetické přístroje a pomůcky

Hlavním cílem přesné nivelace je zachytit proces sedání koleje s podpražcovými podložkami. Aby bylo možné porovnání a vytvoření závěrů o přínosu podpražcových podložek v konstrukci železniční trati, byly měřeny také úseky bez USP, které na úseky s podpražcovými podložkami navazovaly.

Vzhledem k tomu, že odchylky vůči projektované výškové poloze koleje bývají značné (až několik desítek mm), bylo vyhodnocení výškové polohy metodou přesné nivelace vypracované vzhledem k relativní optimální výškové poloze koleje. Při porovnávání s projektovanou výškou lze z grafu dobře vidět základní rozdíly dané podélným sklonem koleje, nevyniknou však lokální odchylky.

V obou zkušebních úsecích byla relativní vztažná poloha koleje stanovena pro první měření metodou nejmenších čtverců. V úseku Havlíčkův – Brod byla optimální poloha projektovaného lomu sklonu stanovena regresí. K takto vypočítané optimalizované poloze koleje byly vztáhnuté relativní odchylky v jednotlivých měřeních.

Z důvodu co nejlepšího zachycení změn ve zkušebních úsecích se provádí od roku 2008 měření třikrát do roka.

7.2 Zkušební úsek Havlíčkův Brod – Okrouhlice

Ve zkušebním úseku bylo pomocí přesné nivelace sledováno 74 příčných řezů, které jsou od sebe vzdáleny po šesti metrech. V každém příčném řezu se měřila výška obou temen

kolejnicových pásů. Pro kontrolu byly také měřeny výšky konzolových zajišťovacích značek, umístěných na sloupech trakčního vedení. Měřilo se na sloupech sudých čísel 2 - 20 a sloup č. 21. Ve zkušebním úseku byly zřízeny také dva kontrolní výškové body. Výšky bodů jsou vztaženy ke konzolové zajišťovací značce na sloupu trakčního vedení Havlíčkův Brod - Okrouhlice č. 22 a k fixním bodům na sloupu č. 9 a na zídce.

- staničení řezu č. 1: km 224,770

- staničení řezu č. 74: km 225,208

Hlavním cílem bylo zachytit proces sedání koleje s pražci s podpražcovými podložkami a toto sedání porovnat se sedáním koleje s běžnými příčnými pražci bez USP. Díky tomu byly měřeny i krátké navazující úseky.

- řezy 1 - 8: km 224,790 až 224,800

- řezy 65 - 74: km 225,154 až 225,208

7.3 Zkušební úsek Planá nad Lužnicí

V daném zkušebním úseku byla provedena nivelace v 93 příčných řezech. Vzdálenost řezů ve výhybce je 3 m a mimo výhybku byla zvolena po 6 m. V každém příčném řezu se měřila výška obou temen kolejnicových pásů a ve výhybce všech kolejnicových pásů výhybky. Pro kontrolu byly také měřeny výšky konzolových zajišťovacích značek, umístěných na sloupech trakčního vedení. Měřilo se na sloupech sudých čísel 58 - 76. Výšky bodů jsou vztaženy ke konzolové zajišťovací značce na sloupu trakčního vedení žst. Planá nad Lužnicí č. 58, výška značky je uvažována 2000 mm.

- staničení řezu č. 1: km 74,848 000

- staničení řezu č. 93: km 75,282 300

Řezy	Vzdálenost	Body
1 - 24	6,0 m běžná kolej	levý a pravý kolejnicový pás
24 - 25	5,8 m běžná kolej	levý a pravý kolejnicový pás
25 - 43	3,0 m výhybka č. 11	25 - 42 čtyři kolejnicové pásy
43 - 44	2,15 m běžná kolej	levý a pravý kolejnicový pás
44 - 61	6,0 m běžná kolej	levý a pravý kolejnicový pás
61 - 62	4,2 m běžná kolej	levý a pravý kolejnicový pás
62 - 63	2,15 m běžná kolej	levý a pravý kolejnicový pás
63 - 81	3,0 m výhybka č. 12	65 - 77 čtyři kolejnicové pásy
81 - 93	6,0 m běžná kolej	levý a pravý kolejnicový pás

8 Měřicí vůz

Měřicí vůz se používá pro kontrolu a hodnocení geometrických parametrů koleje při kontrole tratě za provozu a při opravných pracích. Technická ústředna dopravní cesty pro tyto účely provozuje měřicí vůz pro železniční svršek.

Výstupy z měřicího vozu pro železniční svršek jsem využila při vyhodnocování geometrických parametrů koleje.

Následující kapitoly jsou věnovány popisu a vyhodnocování technice dat z měřicího vozu. V kapitolách vycházím ze služebního předpisu SŽDC SR 103/4 (S) *Využívání měřicích vozů pro železniční svršek s kontinuálním měřením tratě pod zatížením*, z roku 2007 (pozn. Předpis byl nedávno aktualizován).[16]

8.1 Popis vozu

Měřicí vůz je určen nejen pro měření geometrických parametrů koleje, ale používá se také pro měření:

- vertikální mikrogeometrie kolejnic
- příčného profilu kolejnic
- hodnocení odezvy vozidla

Během jízdy je snímán reálný obraz trati za měřicím vozem. Měřicí vůz umožňuje měření v obou směrech jízdy:

- správné postavení vozu (S) - měřicí přístroj na konci
- nesprávném postavení voz (N) - měřicí přístroj za lokomotivou



Obr. č. 13 - Měřicí vůz [17]

A ... snímače měření rozchodu koleje a ostatních parametrů GPK

B ... snímací jednotka příčného profilu kolejnic

C ... snímače (vertikálního) povrchu kolejnic

8.2 TMS - Track measuring systém [16]

TMS je bezkontaktní měřicí systém určený k měření geometrických parametrů koleje. Princip snímání vychází z inerční metody využívající Newtonových zákonů síly a setrvačnosti. V systému jsou použity snímače zrychlení, úhlové rychlosti, indukční snímače

posunutí, laserové zdroje světla a kamery s řádkovými snímači. Dráha, kterou vůz projede, je snímána inkrementálním snímačem z jedné osy měřicího podvozku. Pokud je rychlost měřicího vozu menší než 40 km/h nelze provést měření GPK. Z naměřených hodnot jednotlivých snímačů systém vypočítá počítačový systém geometrické parametry koleje.

Přesnost polohové identifikace závad GPK je dána přesností snímání dráhy vozu a přesností určení polohy MV.

Měřené parametry jsou prezentovány ve dvou vlnových pásmech:

- kvazistálé
- dynamické

8.2.1 Kvazistálé parametry

Jedná se o dlouhovlnné veličiny o délce vlny $\lambda = 70 \text{ m až } \infty$. Mezi kvazistálé parametry patří:

- křivost koleje - snímána pomocí délkových lineárních snímačů umístěných na obou podvozcích. Je měřen úhel natočení podvozků vůči podélné ose skříně vozu.
- převýšení koleje - je vyhodnoceno z údajů snímače nevyrovnaného příčného zrychlení měřeného na podlaze vozu, křivosti, náklonu skříně vozu vzhledem ke spojnici temene kolejnicových pásů a rychlosti vozu. Vliv rychlosti, náklonu skříně a křivosti je ve výpočtu kompenzován. Z hodnot nefiltrovaného převýšení se počítá zborcení koleje.
- rozchod koleje - snímán bezkontaktně pomocí kamer s řádkovými snímači umístěnými nad kolejnicemi. Kolejnice jsou osvětleny bodovým laserovým zdrojem světla 14 mm pod temenem kolejnice. Rozchod je určen rozdílem údajů snímačů kamer a konstantou definující upevnění kamer na měřicím rámu.

8.2.2 Dynamické parametry

Jedná se o krátkovlnné veličiny o délce vlny $\lambda = 1 - 25 \text{ m}$. Mezi dynamické parametry patří:

- dynamické složky převýšení koleje - snímány snímačem úhlové rychlosti, který měří úhel náklonu vozové skříně v místě podlahy vozu. Pomocí délkových snímačů je v místě osy dvojkolí měřicího podvozku změřen úhel náklonu skříně vůči podvozku.

Výsledná hodnota dynamického převýšení koleje je dána rozdílem celkového náklonu skříně vozu a náklonu vozu vůči podvozku.

- podélná výška koleje - měří se v ose koleje vertikálním snímačem zrychlení umístěným na podlaze vozu a lineárními snímači délky mezi podlahou vozu a dvojkolím. Podélná výška koleje levé a pravé kolejnice je vypočtena z podélné výšky koleje v ose koleje a dynamické složky převýšení koleje.
- směr koleje - měřen v ose koleje horizontálním snímačem zrychlení umístěným na podlaze vozu. Výsledná hodnota je korigována náklonem skříně a horizontálním posunem mezi podvozkem a kolejnicí a podvozkem vozové skříně.
- rozchod koleje - vyhodnocen z údajů kamer s řádkovými snímači měřícími polohu kolejnic vůči pevnému uložení kamer na rámu podvozku.

8.3 Výstup měření

Měření geometrických parametrů koleje:

- graf GPK
- výpis okamžitých závad a úsekového hodnocení
- soubory dat pro další zpracování ve vyhodnocovacím středisku

8.4 Hodnocení jednotlivých parametrů

Hodnocení GPK vychází ze statistické analýzy hodnot směrodatných odchylek jednotlivých základních veličin pro 200m úseky trati. Pro digitální výstupy jsou místo směrodatných odchylek GPK použity bezrozměrné parametry, tzv. známky kvality.

8.4.1 Hodnocení lokálních závad

Měřené parametry jsou přepočteny na tzv. skutečnou geometrii, což je dáno matematickým modelem, který zabezpečuje jednotkovou přenosovou funkci. Pro všechna rychlostní pásma je definováno dvouúrovňové hodnocení odchylek provozu.

Parametry sledované při měření GPK:

- směr koleje - SK
 - SL - směr koleje - levý kolejnicový pás
 - SP - směr koleje - pravý kolejnicový pás
 - $SK \neq SL \neq SP$
- podélná výška koleje - VK
 - VL - podélná výška koleje - levý kolejnicový pás
 - VP - podélná výška koleje - pravý kolejnicový pás
 - $VK \neq VL \neq VP$
- převýšení koleje - PK
- rozchod koleje - RK
- zborcení koleje - ZK
- změna rozchodu koleje - ZR

Samostatnou skupinu parametrů koleje tvoří zborcení koleje a změna rozchodu koleje, které jsou v průběhu měřicí jízdy počítány. Zborcení je počítáno z nefiltrovaného převýšení, změna rozchodu z parametru rozchod koleje.

Hodnocení lokálních závad je vždy vztaženo k příslušnému rychlostnímu pásmu, k jednotlivým druhům přejímacích prací a stavu GPK za provozu.

8.4.2 Úsekové hodnocení

Známky úsekového hodnocení jsou rozděleny do tří skupin:

- známky kvality ZKV
- celková známka kvality CZK
- známka podbíjení ZP

Jsou navrženy tak, aby pro dané rychlostní pásmo měly normální rozdělení pravděpodobností s průměrem 3 a směrodatnou odchylkou, která zabezpečuje, že 80 % všech hodnot kterékoliv ze známek bude menší než 4 pro vyhovující trať.

Úsekové hodnocení je založeno na výpočtu směrodatných odchylek SDO příslušné veličiny, které jsou přepočítány na známky kvality - číselné hodnoty se stejným významem pro libovolnou kategorii trati, libovolné rychlostní pásmo a libovolný parametr koleje.

$$SDO = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n X_i^2}$$

kde n ... počet vzorků měření

X_i ... odchylka geometrické hodnoty veličiny

Známka kvalita jednotlivých měřených parametrů (směr, rozchod, převýšení a výška) je dána exponenciálním transformačním vztahem:

$$ZKV = 6 \cdot (1 - \exp\left(\frac{-SDO^m}{b}\right))$$

Konstanty b , m jsou stanovené na základě statistik směrodatných odchylek příslušné veličiny a příslušného rychlostního pásma.

Celková známka kvality CZK a známka podbíjení ZP je z jednotlivých známek kvality ZKV stanovena na základě tzv. hybridního kritéria ze vzorce:

$$CZK, ZP = [k \cdot \max\{(w_{SK} \cdot ZKV_{SK} + w_{RK} \cdot ZKV_{RK}), (w_{PK} \cdot ZKV_{PK} + w_{VK} \cdot ZKV_{VK})\}]^q$$

kde w ... váhy jednotlivých veličin, stanovené na základě korelační analýzy

k, q ... koeficienty

Druh známky	w_{SK}	w_{RK}	w_{PK}	w_{VK}
Známka podbíjení ZP	1,00	0,00	0,50	0,50
Celková známka kvality CZK	0,60	0,40	0,50	0,50

Tab. č. 3 - Hodnoty parametru w

8.5 Provoz a údržba koleje [17]

8.5.1 Provozní odchylky geometrických veličin

Provozní odchylky geometrických veličin od projektované nebo předepsané hodnoty a provozní hodnoty veličiny zborcení jsou definované ve dvou stupních:

- AL - mez sledování - pokud dojde k překročení stanovené hodnoty, je třeba posoudit stav GPK a vzít v úvahu při plánování udržovacích prací
- IL - mez zásahu (opravy) - pokud dojde k překročení stanovené hodnoty, je třeba provést udržovací práce tak, aby další kontrolou nedošlo k překročení mezní provozní odchylky

8.5.2 Mezní provozní odchylky geometrických veličin

- IAL - mez bezodkladného zásahu - pokud dojde k překročení stanovené hodnoty, je nutné provést bezodkladně opatření k zajištění bezpečnosti provozu

9 Vyhodnocení výsledků

9.1 Přesná nivelace

První měření byla pro oba úseky provedena v jeden den, zkušební úseky byly měřeny dvěma skupinami měřičů a dvěma přístroji. Každá skupina měřila polovinu zkušebního úseku. Poslední měření bylo prováděno pouze jedním přístrojem a celý úsek byl měřen naráz. Záměry se z důvodu přesnosti volily do 20 m, výjimečně do 25 m. Do měření byly také zahrnuty zajišťovací značky na sloupech trakčního vedení. Jakmile byly znivelovány všechny řezy a zajišťovací značky, tak se postupovalo přes zajišťovací značky na sloupech zpět na začátek měřeného úseku = uzavřený nivelační pořad. Výsledná odchylka nivelačního pořadu byla vždy do ± 2 mm.

V každém zkušebním úseku byl pro porovnání výsledků měřen i úsek bez USP. Základním cílem přesné nivelace je zachytit proces sedání koleje s podpražcovými podložkami. Krom sedání umožňují data z přesné nivelace vyhodnotit také odchylky výšky koleje vůči vyrovnanému stavu a výpočet zborcení koleje.

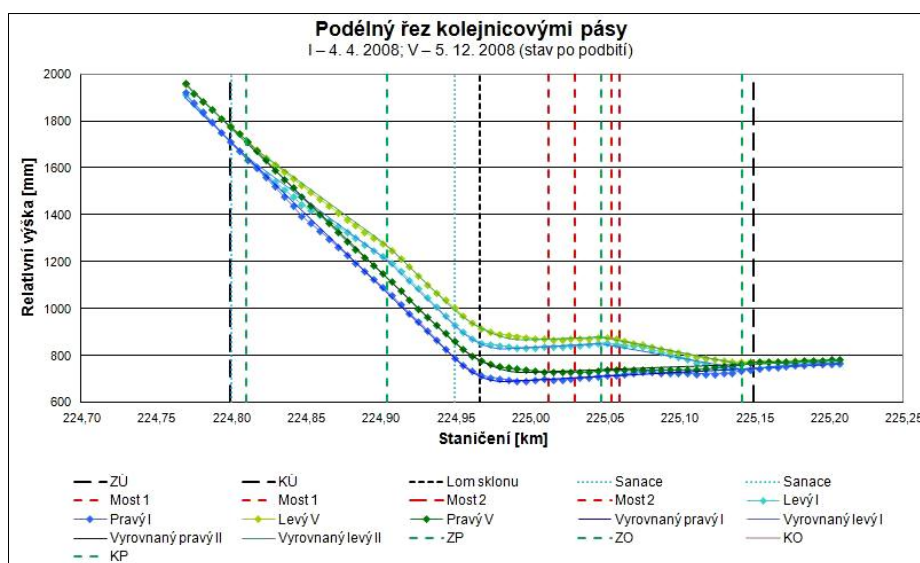
Vyhodnocení výškové polohy metodou přesné nivelace bylo vypracované vzhledem k relativní optimální výškové poloze koleje. Relativní vztažná poloha koleje byla pro oba zkušební úseky stanovena metodou nejmenších čtverců již při prvním měření. Tento způsob vyhodnocení byl zvolen, protože odchylky vůči projektované výškové poloze bývají velké (i několik desítek mm), což by velmi snížilo názornost grafického vyobrazení. Při porovnávání s projektovanou výškou koleje jsou v grafech dobře vidět základní rozdíly dané podélným sklonem koleje, nevyniknou ale lokální odchylky.

Ve zkušebním úseku Havlíčkův Brod - Okrouhlice byla regresí stanovena optimální poloha projektovaného lomu sklonu. Parametry výškového oblouku byly převzaty z projektové dokumentace.

9.1.1 Havlíčkův Brod - Okrouhlice

Před vyhodnocením výsledků, bylo třeba nejdříve sestavit vztažnou polohu koleje (Graf 1). V grafu jsou zaznamenány dva vyrovnané stavy. První byl zhotovený k výchozímu dni měření, tj. 4. 4. 2008. Vzhledem k tomu, že dne 12. 11. 2008 proběhlo ve zkušebním úseku podbití strojní podbíječkou, byl vytvořen nový vyrovnaný stav - vyrovnaný stav II, který byl stanoven k prvnímu měření po podbití dne 5. 12. 2008.

Vyrovnané stavy jsou zhotovené pro levý i pravý kolejnicový pás. Data zpracovávaná v diplomové práci jsou vždy vztahovaná k vyrovnanému stavu II.

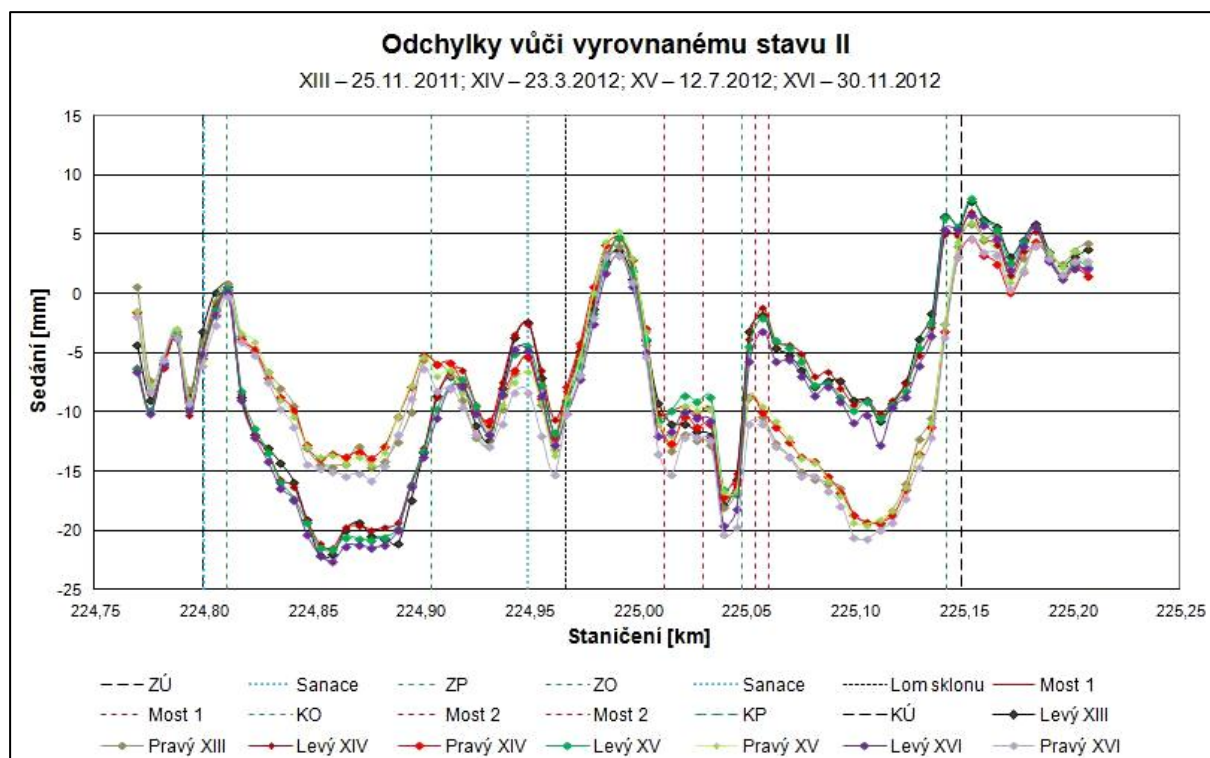


Graf č. 1 - Podélný řez kolejnicovými pásy v úseku Havlíčkův Brod - Okrouhlice

9.1.1.1 Odchyly od vyrovnaného stavu

Odchyly od vyrovnaného stavu po podbití jsou v rozsahu +8 až -22 mm. Největší odchyly se nacházejí v oblasti vzestupnic a mezi mosty. V grafu je dobře vidět, že v první vzestupnici jsou odchyly větší v levém kolejnicovém pásu. Ve směrovém oblouku se jejich hodnoty otočí a v druhé vzestupnici jsou pak větší odchyly v pravém kolejnicovém pásu. Odchyly nabývají převážně záporných hodnot. Kladné hodnoty odchylek jsou ve směrovém oblouku před prvním mostem a na konci úseku s USP a v úseku bez podpražcových podložek.

Odchyly se v jednotlivých měřeních vždy nepatrně zvětší. Rozptyl odchylek mezi jednotlivými měřeními je do 2 mm.

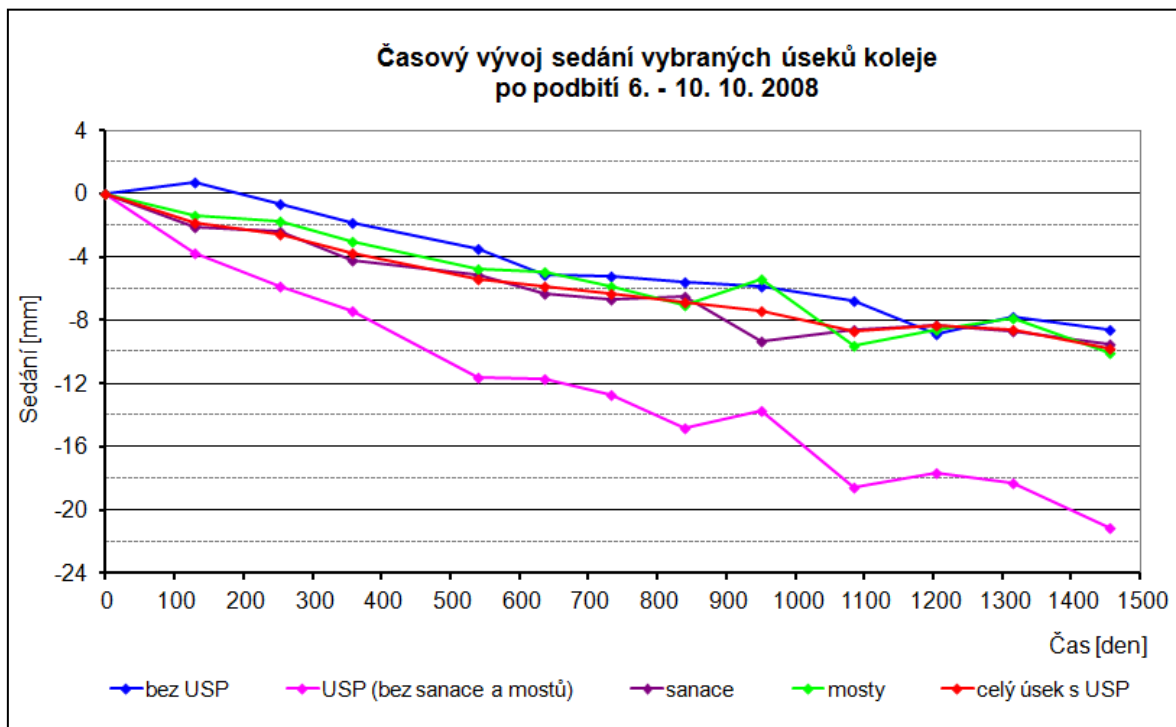


Graf č. 2 - Odchyly vůči vyrovnanému stavu II v úseku Havlíčkův Brod - Okrouhlice

9.1.1.2 Sedání

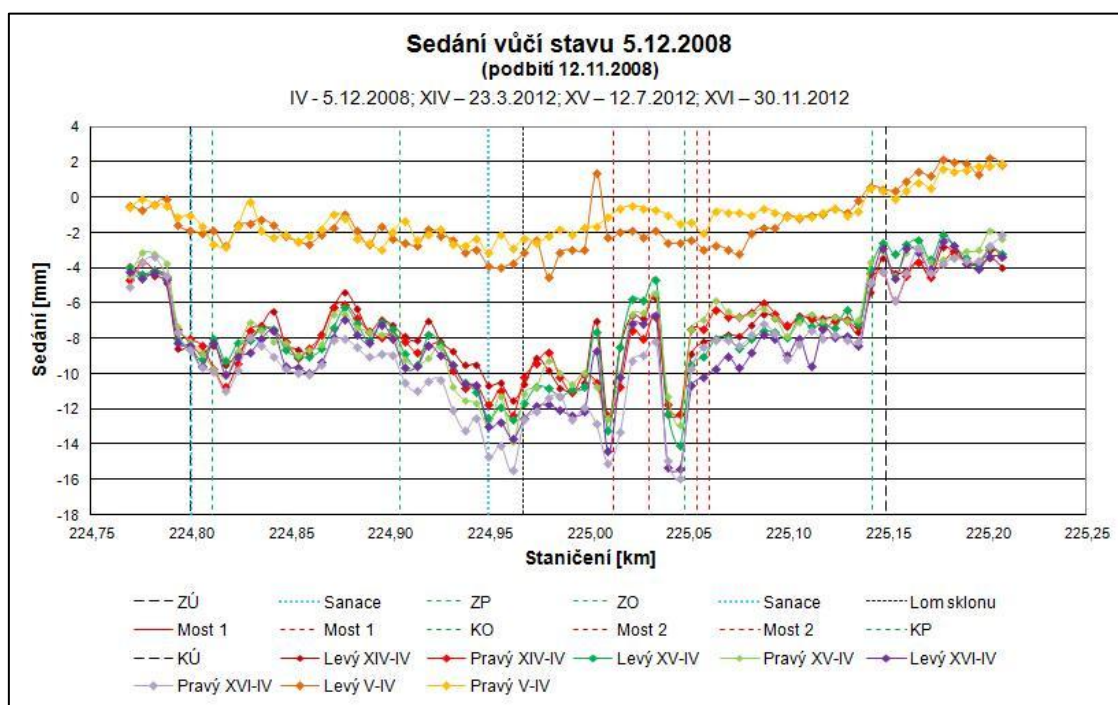
V grafu č. 3 lze vidět, že nejrychleji dochází k sedání v úseku s USP v oblasti mimo mosty a sanaci. Sedání v oblasti mostů a sanace s USP má podobný průběh s obdobnými

hodnotami jako úsek bez podpražcových podložek. Z grafu není patrný pozitivní vliv podpražcových podložek na sedání koleje.



Graf č. 3 – Časový vývoj sedání v úseku Havlíčkův Brod - Okrouhlice

Graficky jsem také zpracovala sedání vůči stavu 5. 12. 2008, kdy bylo uskutečněno první měření po podbití. Na grafu lze dobře vidět vývoj sedání. K nejrychlejšímu sedání dochází v oblasti před prvním mostem a mezi mosty. Hodnoty sedání zde dosahují až -16 mm. Vyšší hodnoty sedání zde způsobují pravděpodobně přechodové oblasti. Sedání v přechodnicích nabývá stejných hodnot, okolo -8 mm a před a za obloukem jsou hodnoty okolo -4 mm.



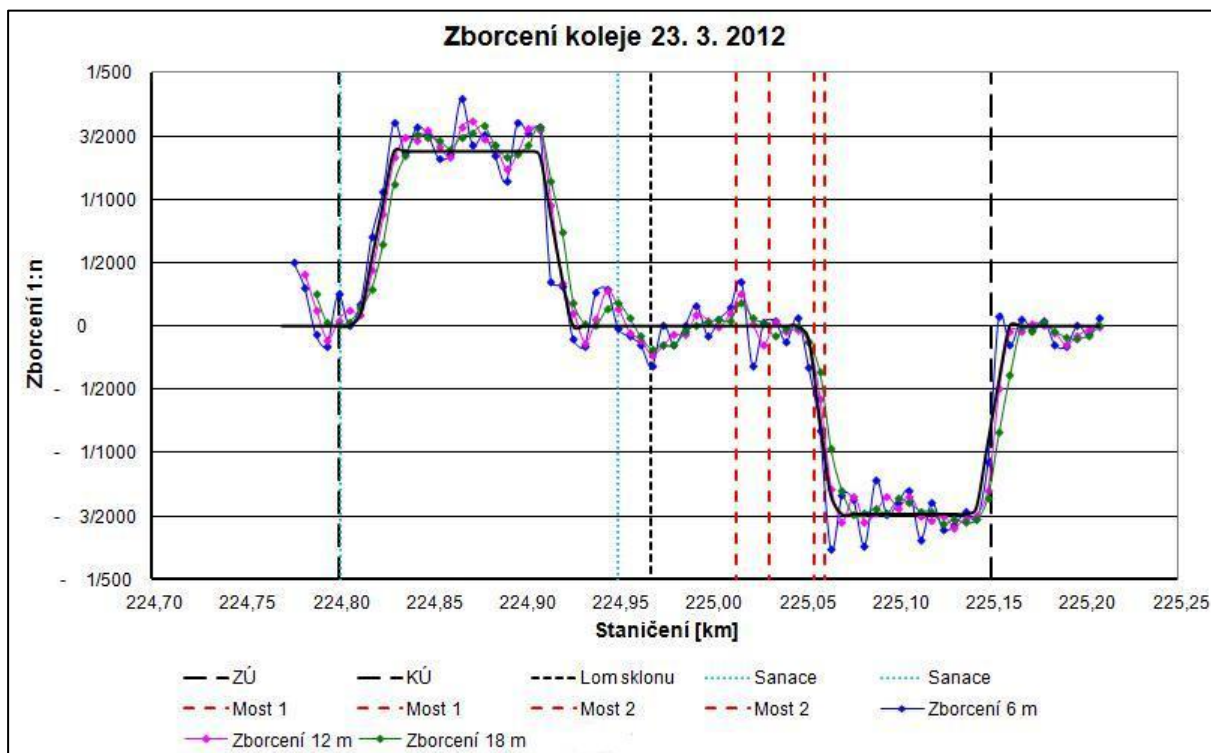
Graf č. 4 - Sedání vůči stavu 5.12.2008 v úseku Havlíčkův Brod - Okrouhlice

9.1.1.3 Zborcení koleje

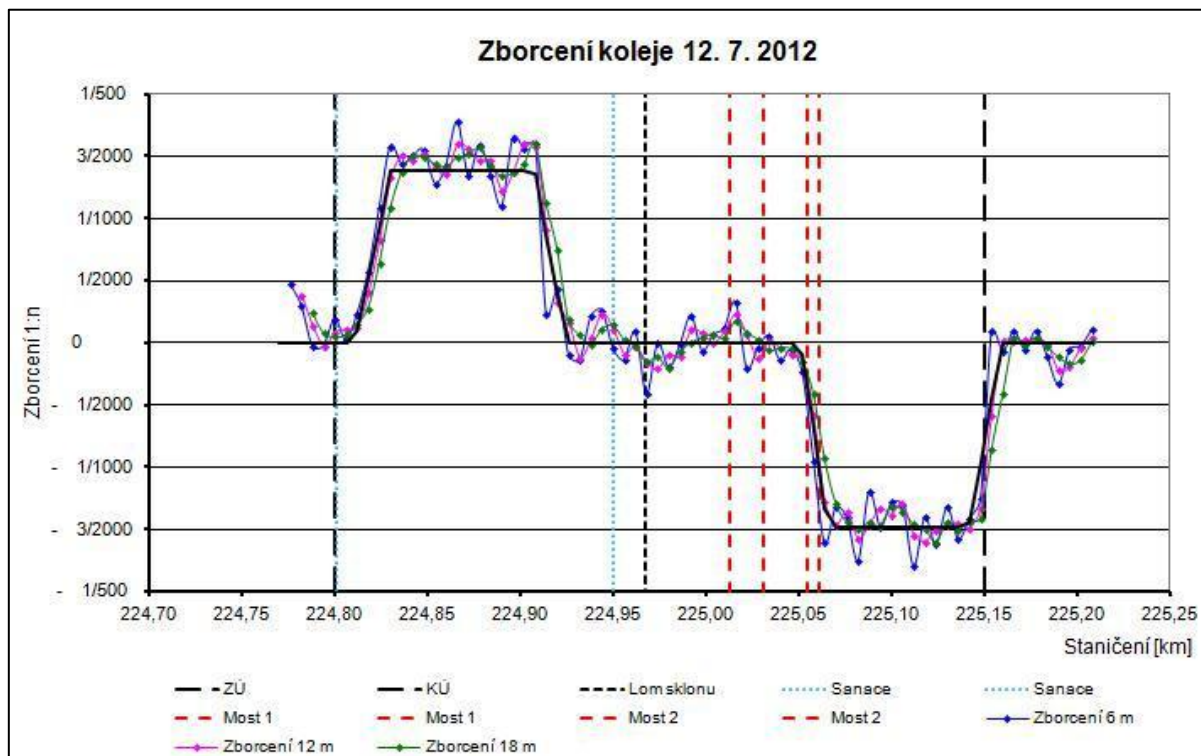
V rámci přesné nivelace bylo spočítáno také zborcení koleje pro tři měřicí základny - 6 m, 12 m a 18 m. Z hlediska bezpečnosti železniční dopravy je tento parametr velmi důležitý. Většinou to je hlavní ukazatel, který je překročen, pokud dojde k vykolejení železničního vozu z důvodu špatného stavu GPK.

Pro výpočet zborcení musely být nejdříve spočítány výšky levého a pravého kolejnicového pásu v jednotlivých staničeních. Z rozdílů výšek se získaly hodnoty převýšení a následně byla dopočítána změna převýšení koleje. Podílem této hodnoty délkou měřicí základny byly získány hodnoty zborcení koleje. Hodnoty zborcení byly vyneseny do grafu.

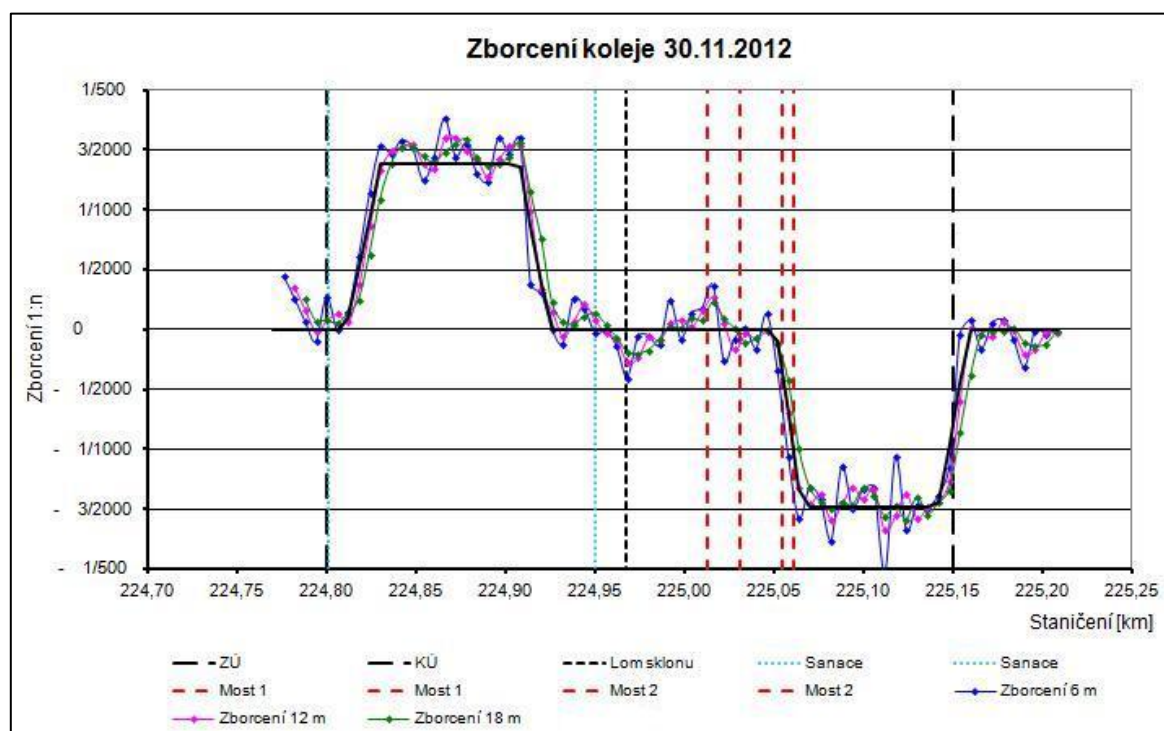
Největší hodnoty zborcení jsou v přechodnicích a v oblasti mostů. Na měřicích základnách 12 m a 18 m nejsou patrné velké rozdíly, hodnoty si jsou velmi podobné. Na měřicí základně délky 6 m je možné sledovat rozdíly v podobě lokálních výchylek. Kratší základny umožňují lépe identifikovat a pozorovat tyto závady. V parametru zborcení koleje nebyly v průběhu roku 2012 pozorovány žádné významné změny. Jedinou výjimku, kde je větší nárůst zborcení, je při třetím měření v druhé přechodnici. Zborcení se zvětšilo až o polovinu.



Graf č. 5 - Zborcení koleje 23. 3. 2012 v úseku Havlíčkův Brod - Okrouhlice

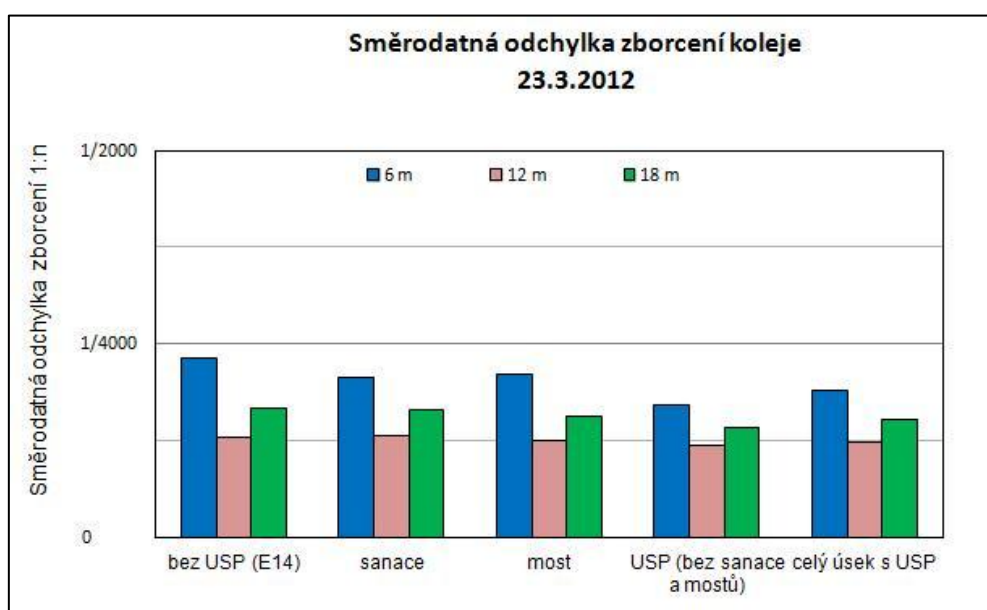


Graf č. 6 - Zborcení koleje 12.7.2012 v úseku Havlíčkův Brod - Okrouhlice

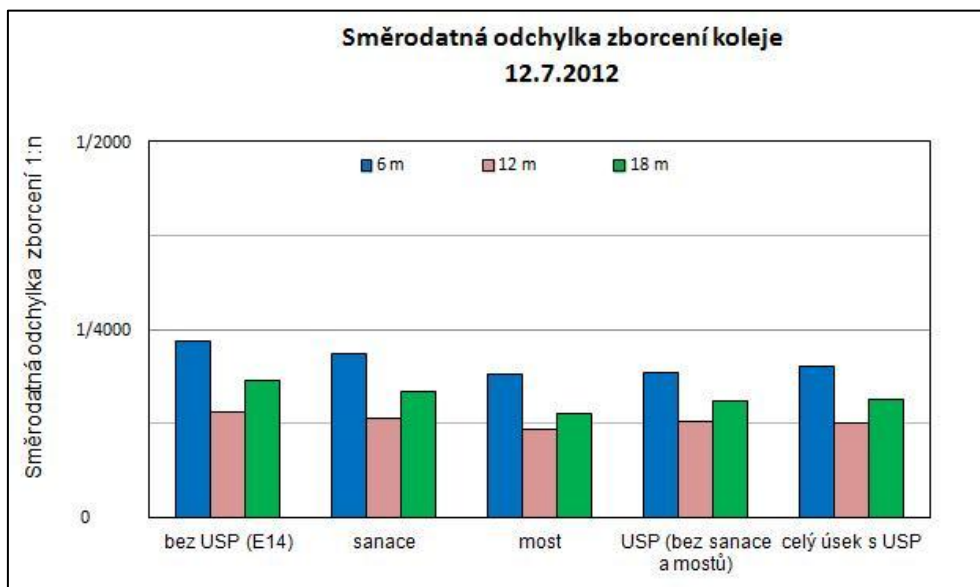


Graf č. 7 - Zborcení koleje 30.11.2012 v úseku Havlíčkův Brod - Okrouhlice

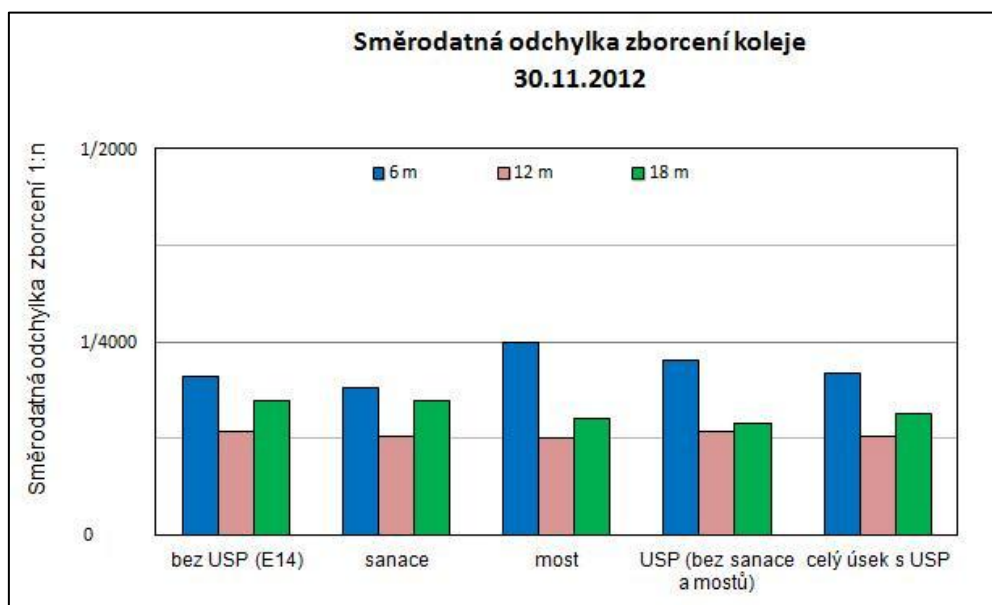
Pro každé měření byla také spočítána směrodatná odchylka zborcení vybraných úseků koleje. V prvních dvou měřeních dosahují nejvyšších hodnot směrodatné odchylky v úseku bez USP. Nejmenší hodnoty směrodatných odchylek má úsek s podpražcovými podložkami (bez sanace a mostů). Při měření 30. 11. 2012 došlo k nárůstu směrodatných odchylek v oblasti mostů a naopak nejmenší hodnoty jsou v úseku se sanací.



Graf č. 8 - Směrodatná odchylka zborcení koleje 23. 3. 2012 v úseku Havlíčkův Brod - Okrouhlice



Graf č. 9 - Směrodatná odchylka zborcení koleje 12. 7. 2012 v úseku Havlíčkův Brod - Okrouhlice



Graf č. 10 - Směrodatná odchylka zborcení koleje 30. 11. 2012 v úseku Havlíčkův Brod - Okrouhlice

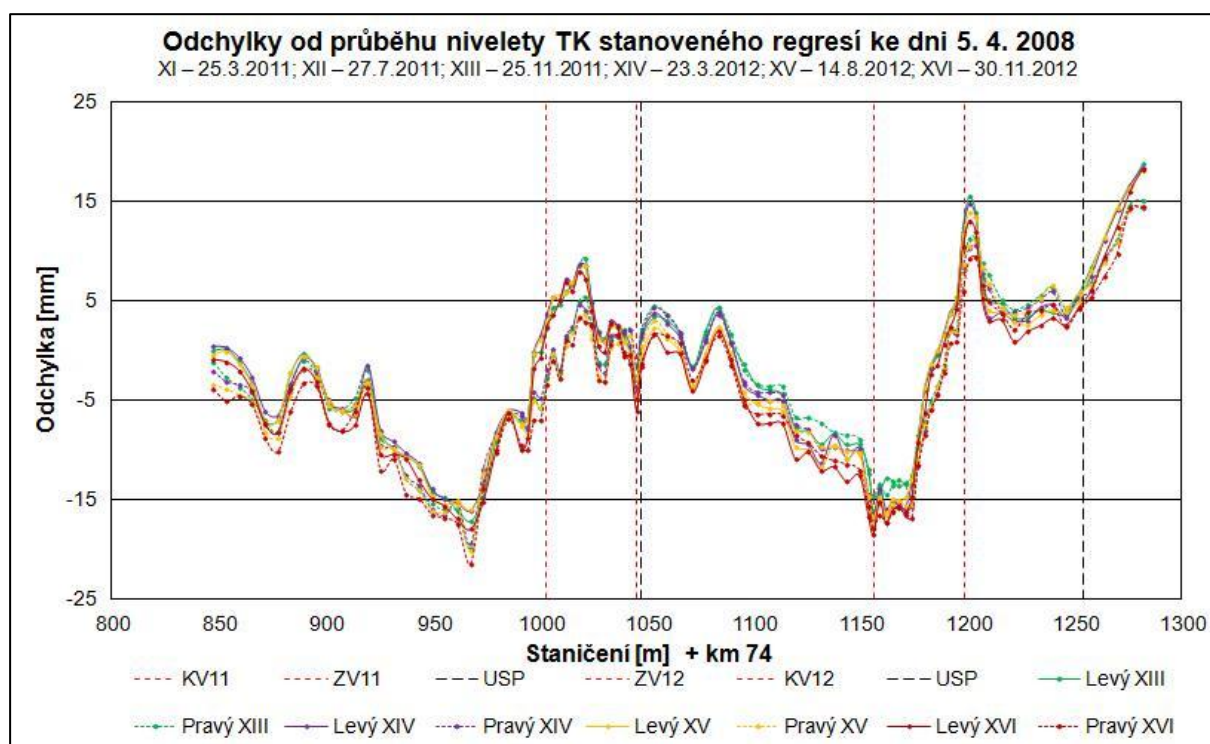
9.1.2 Planá nad Lužnicí

Při zpracování výsledků z měření v žst. Planá nad Lužnicí se postupovalo stejně jako v úseku Havlíčkův Brod - Okrouhlice. V žst. Plané nad Lužnicí proběhlo troje podbíjení, konkrétně ve dnech 23. 7. a 12. 11. 2008 a jedno 23. 7. 2009. Relativní vztažná poloha koleje

byla stanovena ke dni 5. 4. 2008. Byl zde měřen delší úsek bez podpražcových podložek, což umožňuje lepší porovnání výsledků mezi úseky s USP a bez USP. V každém úseku se nachází výhybka, takže lze porovnávat také výsledky mezi nimi. Výhybka č. 11 se nachází v úseku bez USP, výhybka č. 12 v úseku s USP.

9.1.2.1. Odchyly od vyrovnaného stavu

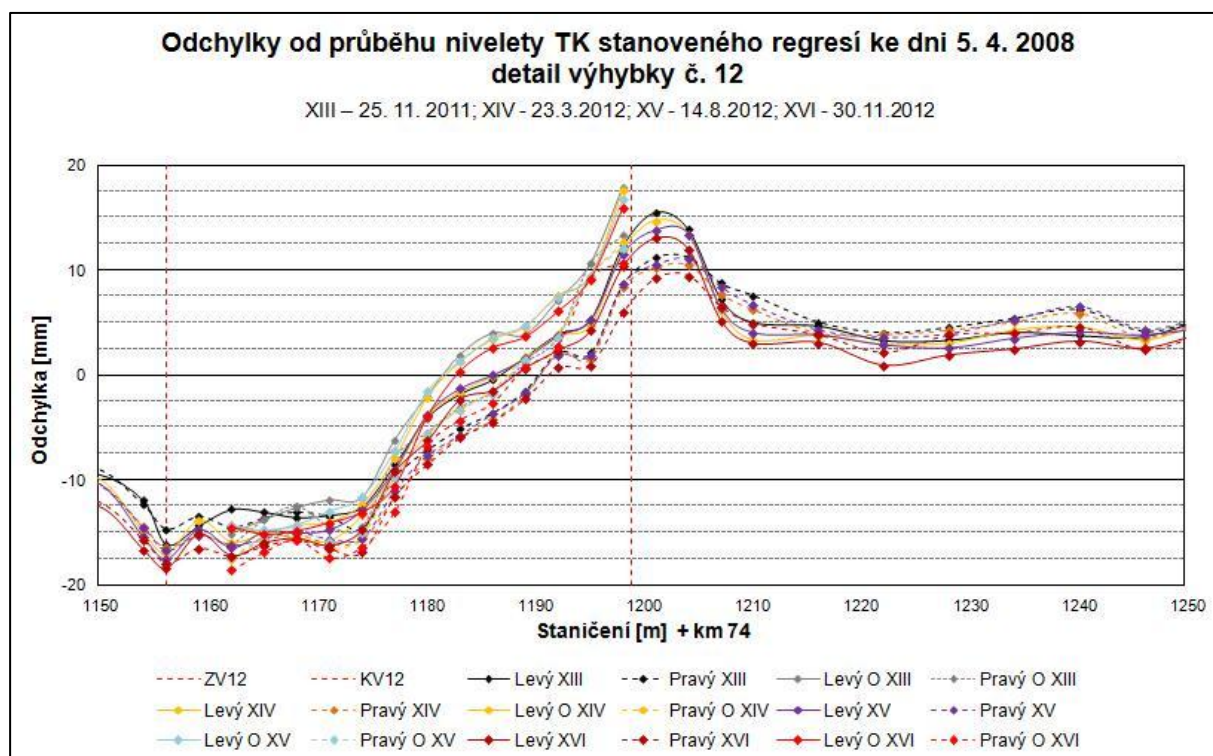
Odchyly od průběhu nivelety dosahují hodnot -20 až +19 mm. Největších záporných hodnot je dosaženo v úseku bez USP před výhybkou č. 11 a v úseku s USP ve výměnové části výhybky č. 12. Největší kladné hodnoty odchylek jsou ve výhybce č. 12 v oblasti dlouhých pražců a na konci měřeného úseku, kde již nejsou použity podpražcové podložky. Odchyly ve výhybce s USP jsou až o polovinu větší než ve výhybce č. 11 bez USP. Odchyly mimo výhybky dosahují v úseku s i bez USP podobných hodnot.



Graf č. 11 - Odchyly od průběhu nivelety v žst. Planá nad Lužnicí

Pro větší přehlednost odchylek v oblasti výhybky č.12, bylo zpracováno detailní zobrazení odchylek výšky temena kolejnic ve výhybce. Pro lepší zachycení nárůstu odchylek jsou v grafu vyneseny také odchylky z posledního měření roku 2011.

Na začátku výhybky dosahují odchylky hodnot okolo -17 mm. Po délce výhybky se odchylky zmenšují a od poloviny začnou nabývat kladných hodnot. Na konci výhybky dosahují hodnot okolo +17 mm. Rozdíl výšek TK na délce 45 m činí 35 mm. Za výhybkou dojde k poklesu odchylek, v navazujícím úseku se pohybují okolo +5 mm. Rozdíl odchylek mezi jednotlivými měřeními je malý.

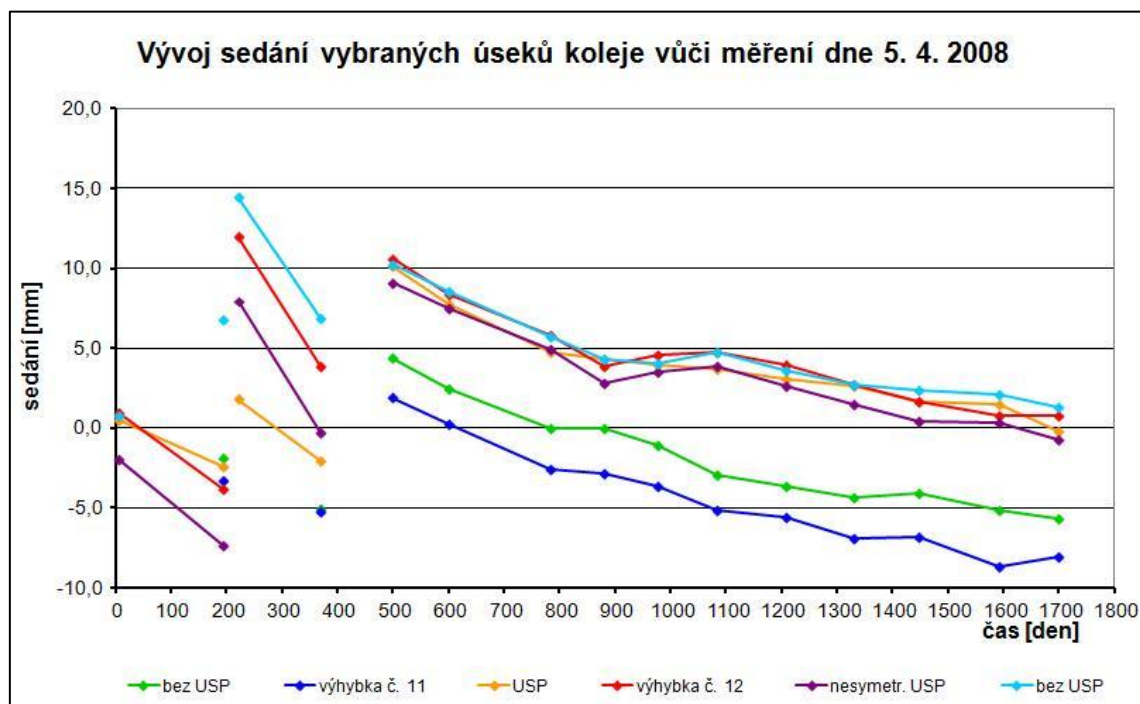


Graf č. 12 - Odchylky od průběhu nivelety - výhybka č. 12 v žst. Planá nad Lužnicí

9.1.2.2 Sedání

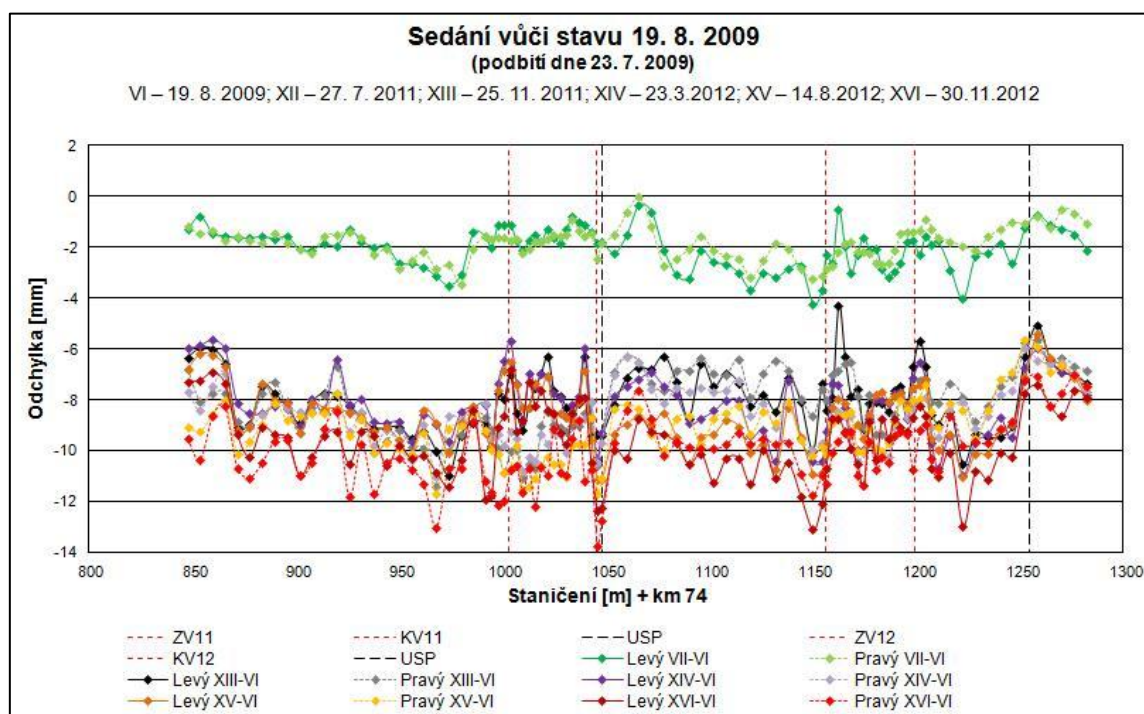
Pro posouzení vývoje sedání byl sestaven graf sedání vybraných úseků v závislosti na čase, na kterém lze dobře vidět jak rychle jednotlivé úseky sedají. Nejrychleji probíhá proces sedání ve výhybce č. 11 a v úseku bez podpražcových podložek před výhybkou č. 11. Pro

ostatní úseky je sedání koleje podobné. V grafu lze dobře vidět přínos podpražcových podložek ve výhybkách z hlediska sedání.



Graf č.13 - Vývoj sedání vybraných úseků v žst. Planá nad Lužnicí

Graficky bylo také zpracováno sedání vůči stavu po podbití. V celém úseku dochází k plynulému sedání. Největší sedání vykazuje kolej ve výměnové části obou výhybek. Rozdíl v sedání je mezi jednotlivými měřeními malý. Nejméně sedá úsek mezi výhybkami, který je opatřen podpražcovými podložkami. Velikost sedání koleje po 3 letech dosahuje hodnot okolo -10 mm. Úsek bez podpražcových podložek má více lokálních nárůstů odchylek, sedání se zde pohybuje okolo -12 mm. Problémovým místem je také oblast za dlouhými pražci výhybky č. 12, kde je dosaženo odchylky až -13 mm.



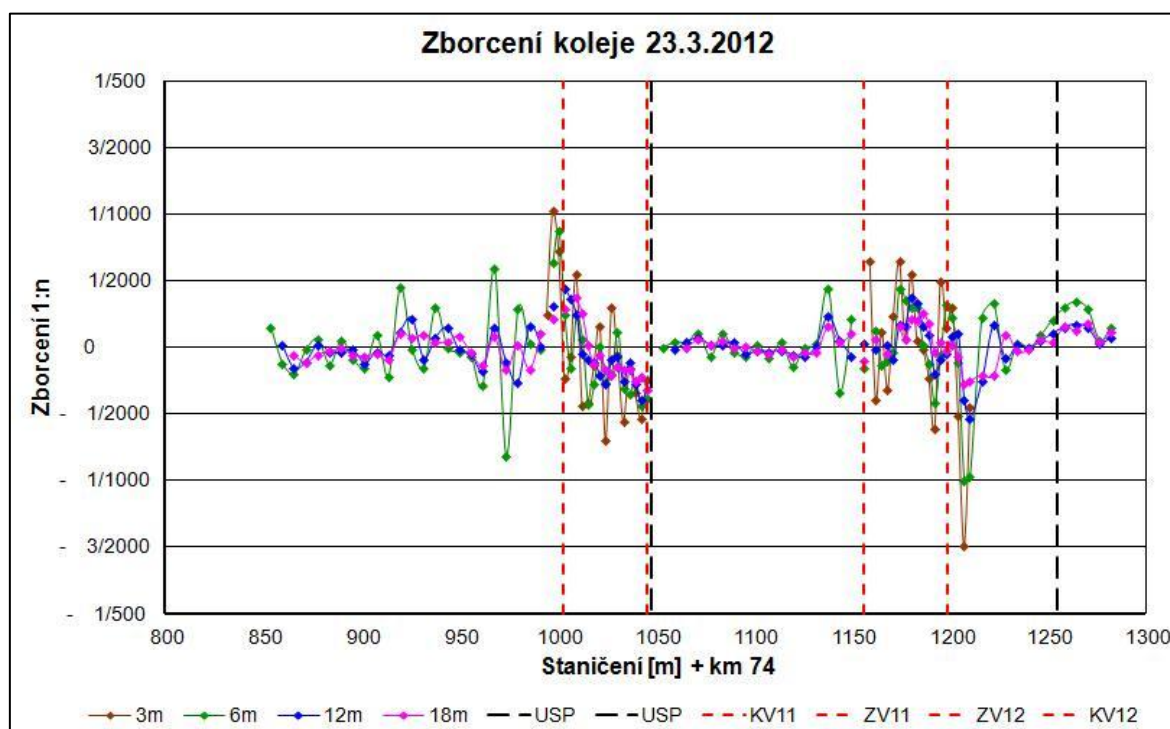
Graf č. 14 - Sedání vůči stavu 18. 8. 2009 v žst. Planá nad Lužnicí

9.1.2.3 Zborcení koleje

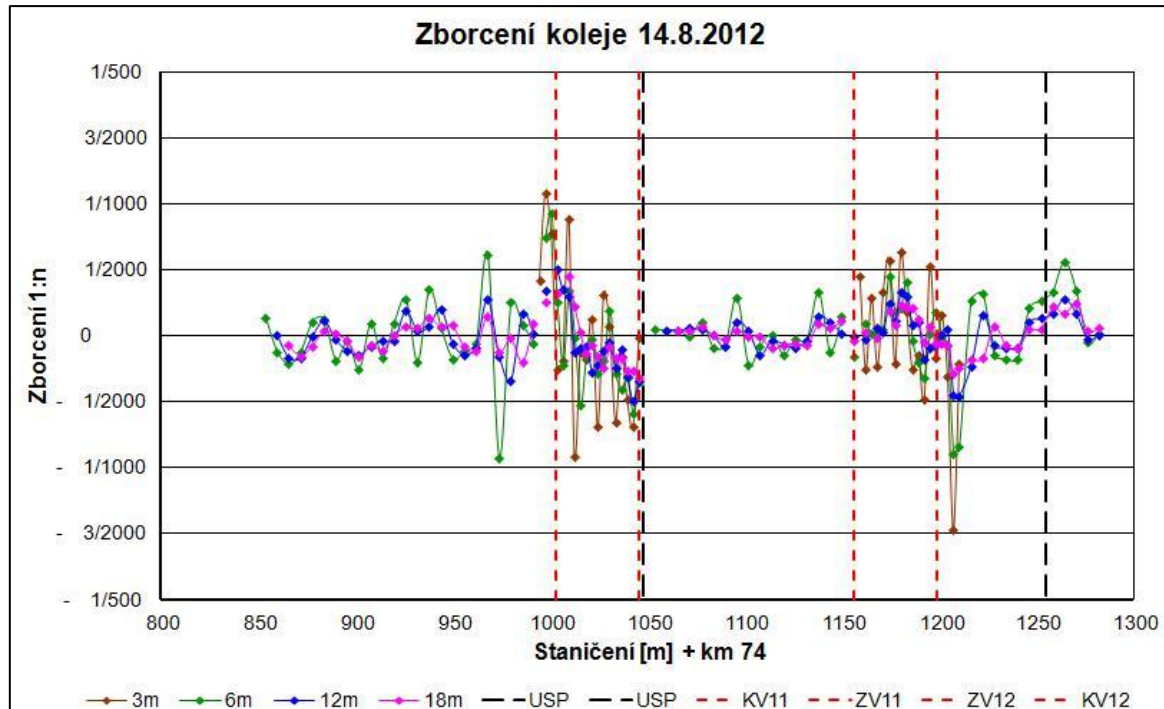
Zborcení koleje je spočítáno stejným způsobem jako ve zkušebním úseku Havlíčkův Brod - Okrouhlice. Byly zvoleny čtyři měřicí základny, délky 3 m, 6 m, 12 m a 18 m.

Největší hodnoty zborcení jsou ve výhybce č. 11 v úseku bez podpražcových podložek a za dlouhými pražci výhybky č. 12 s podpražcovými podložkami. Na grafech z jednotlivých měření lze dobře vidět nárůst zborcení ve výhybce č. 11 mezi jednotlivými měřeními. Naopak v druhém problematickém místě došlo ke zmenšení hodnot zborcení.

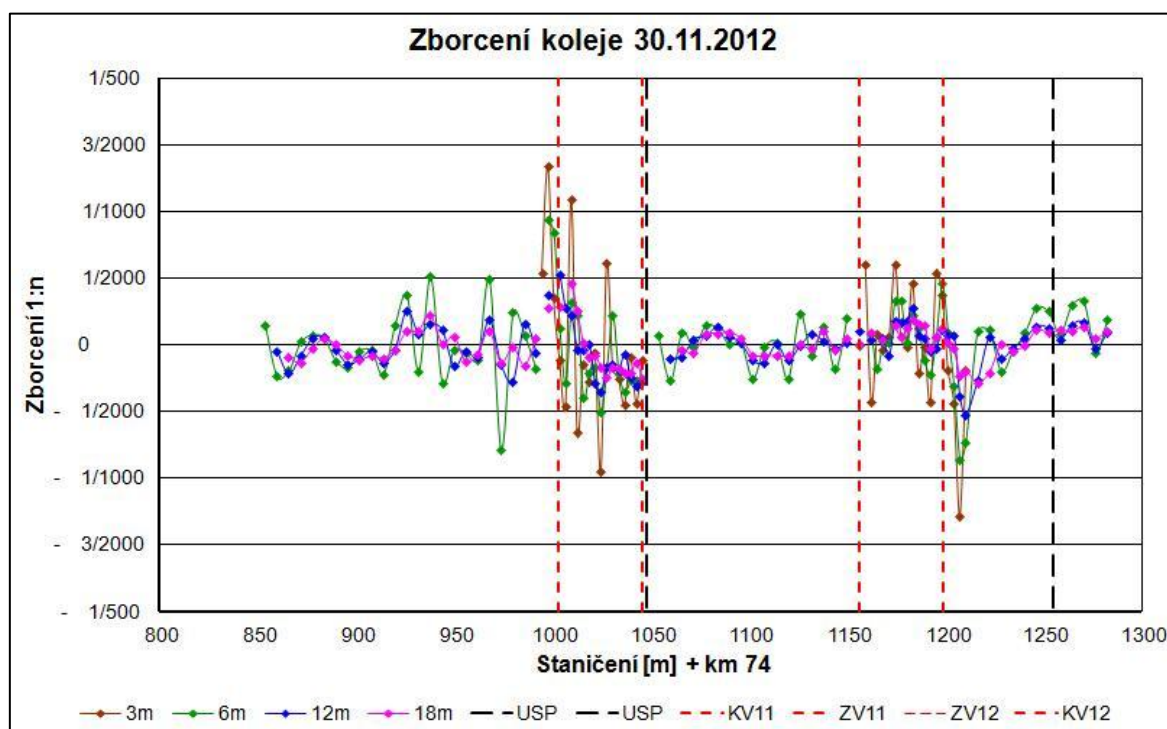
Při porovnání úseku mezi výhybkami s úsekem bez podpražcových podložek lze dobře vidět pozitivní přínos USP. Hodnoty zborcení jsou mezi výhybkami velmi malé, pouze lokálně dochází k mírnému zvýšení hodnot u měřicí základny délky 6 m. V úseku bez podpražcových podložek je zborcení koleje podstatně větší.



Graf č. 15 - Zborcení koleje 23. 3. 2012 v žst. Planá nad Lužnicí



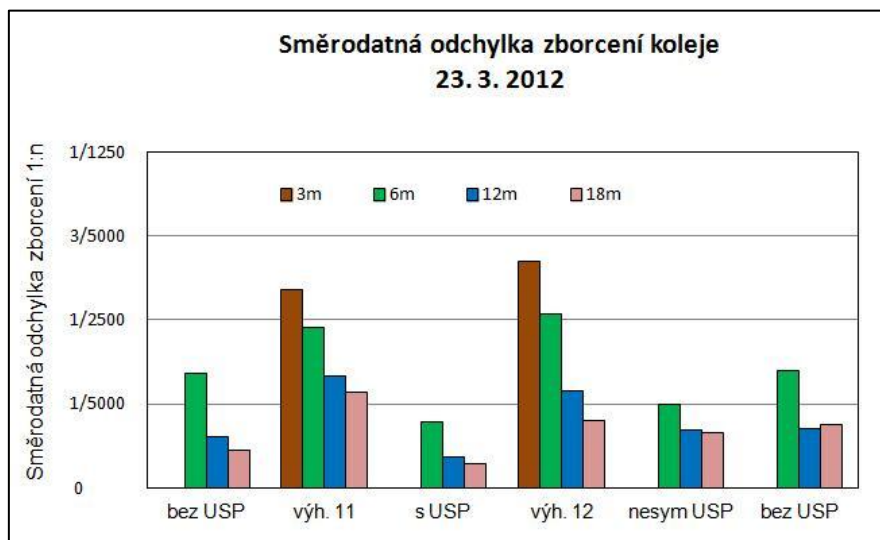
Graf č. 16 - Zborcení koleje 14. 8. 2012 v žst. Planá nad Lužnicí



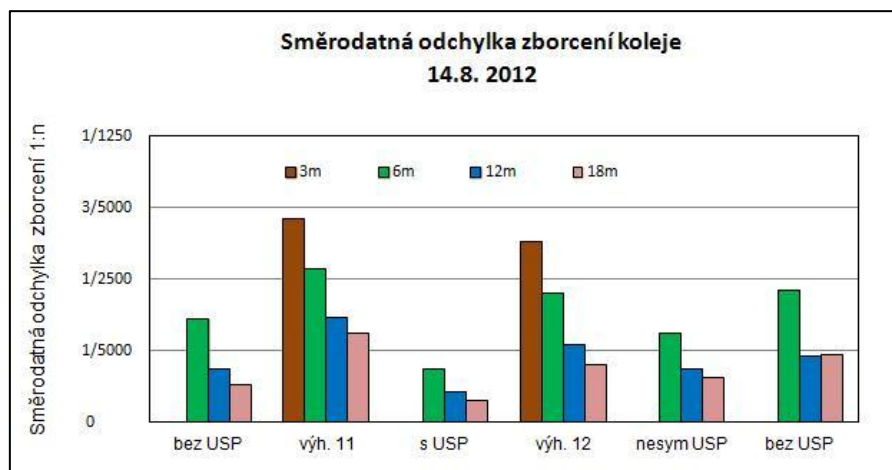
Graf č. 17 - Zborcení koleje 30. 11. 2012 v žst. Planá nad Lužnicí

Pro každé měření jsou opět spočítány také směrodatné odchylky zborcení pro jednotlivé vybrané úseky. Z grafů je zřejmé, že největší problém zborcení je ve výhybkách. Pro prvním měření pro měřicí základny 3 m a 6 m jsou vyšší hodnoty směrodatné odchylky ve výhybce č. 12 s podpražcovými podložkami. Naopak je tomu u měřících základen délky 12 m a 18 m, které dosahují vyšších hodnot u výhybky č. 11. Při dalším měření zůstávají hodnoty u výhybky č. 12 stejné, ale dochází k nárůstu směrodatných odchylek ve výhybce č. 11.

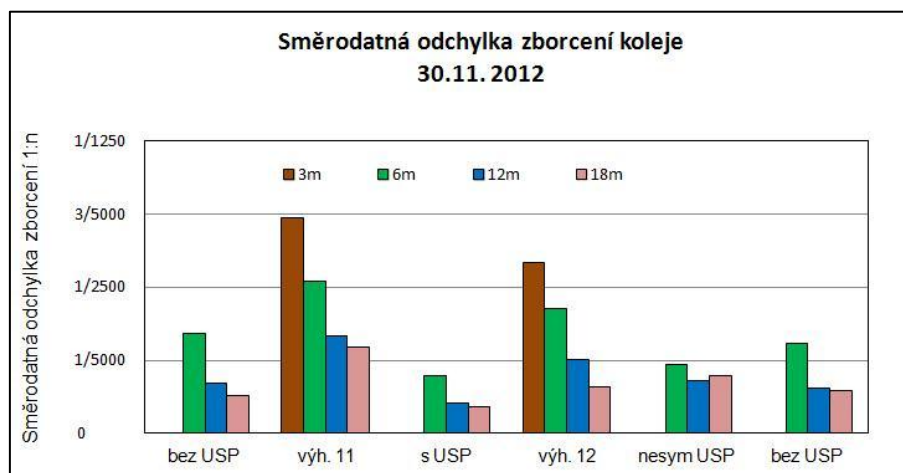
Při porovnání úseku mimo výhybky, lze dobře vidět přínos podpražcových podložek, hodnoty směrodatných odchylek jsou podstatně menší než u úseků bez USP.



Graf č. 18 - Směrodatná odchylky zborcení koleje 23. 3. 2012 v žst. Planá nad Lužnicí



Graf č. 19 - Směrodatná odchylky zborcení koleje 14. 8. 2012 v žst. Planá nad Lužnicí



Graf č. 20 - Směrodatná odchylky zborcení koleje 30. 11. 2012 v žst. Planá nad Lužnicí

9.2 Měřicí vůz

9.2.1 Havlíčkův Brod - Okrouhlice

Měření měřicím vozem ve zkušebním úseku Havlíčkův Brod - Okrouhlice proběhlo v roce 2012 třikrát ve dnech 2. 4. 2012, 23. 5. 2012 a 17. 10. 2012. Odchyly rozchodu a převýšení koleje jsou zpracovány pouze pro první dvě měření, při třetím měření nebyly k dispozici data pro zpracování. V grafech je vždy také záznam z posledního měření roku 2011, aby se mohl vývoj odchylek sledovat také z hlediska času. Graficky je zpracován úsek od km 224,600 až do km 225,300. Jsou zde zahrnuté úseky bez i s podpražcovými podložkami. Pro každý geometrický parametr byl zpracován graf odchylek a graf směrodatných odchylek. Pro výpočet směrodatných odchylek byl úsek rozdělen po 50 m. Tato vzdálenost byla zvolena z důvodu krátkého zkušebního úseku.

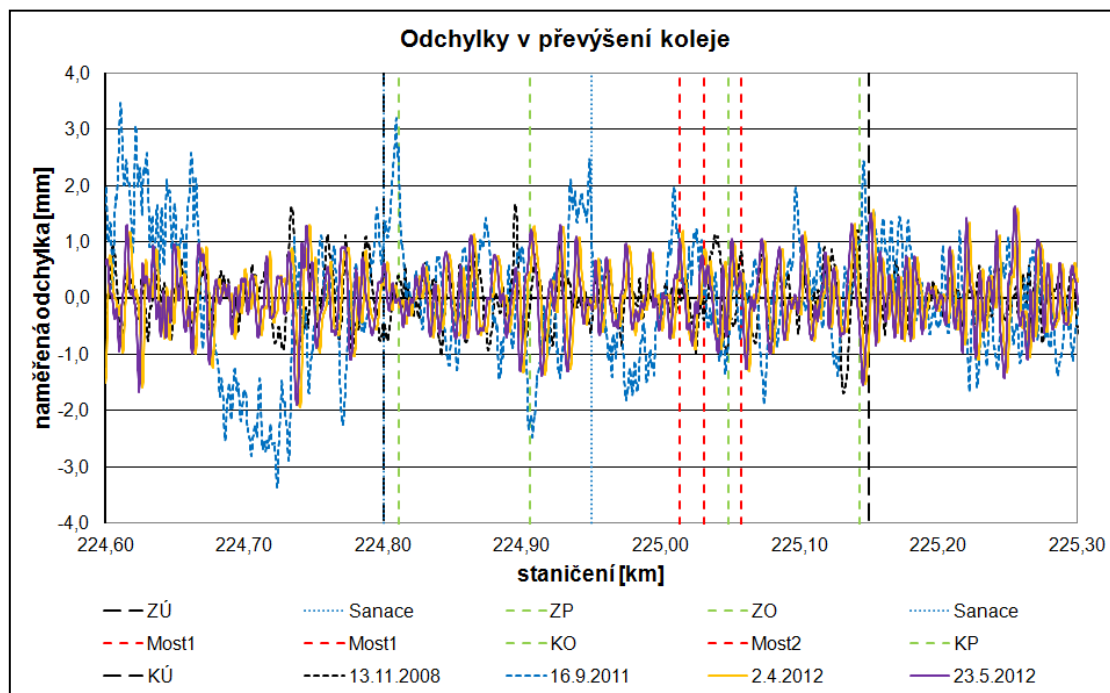
9.2.1.1 Převýšení koleje

Odchyly v převýšení koleje za rok 2012 jsou porovnány s daty, které byly naměřeny na konci roku 2008 po podbití, které v úseku proběhlo v období 6. - 10. 10. 2008. Po celé délce úseku jsou odchyly srovnatelné, dosahují hodnot -1,0 mm až 1,0 mm, jen na několika místech dosahují nepatrně vyšších hodnot. K zvětšování odchylek v čase dochází pomalu. Na základě grafu odchylek v převýšení koleje lze říci, že podpražcové podložky nemají vliv na velikost odchylek pro tento geometrický parametr.

Samotné odchyly v převýšení koleje nejsou bezpečnostním kritériem. Z hlediska bezpečnosti provozu se hodnotí velikost nedostatku převýšení. Z hlediska nedostatku převýšení jsou rozhodující záporné odchyly převýšení koleje, které zvětšují hodnoty nedostatku převýšení. Pro všechna měření v roce 2012 odchyly převýšení vyhověly.

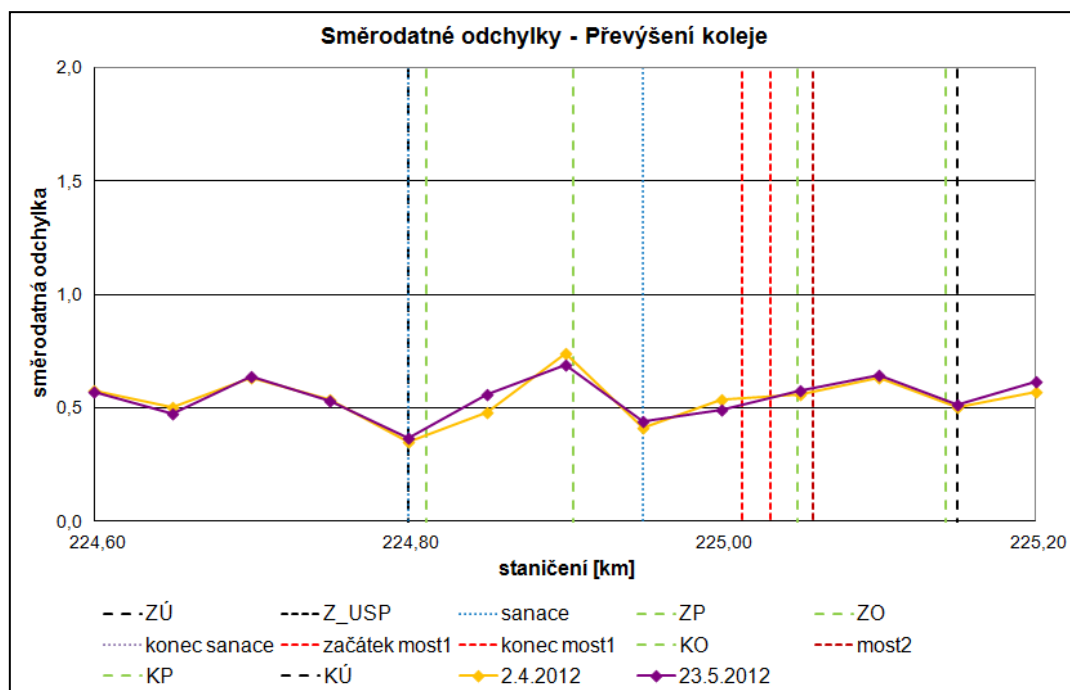
	Záporné odchyly	2. 4. 2012	23. 5. 2012	17. 10. 2012
stupeň AL	$I_{\text{projekt}} - 105 = 92 - 105 = -13 \text{ mm}$	-13 mm	-9 mm	-8 mm
stupeň IL	$I_{\text{projekt}} - 106 = 92 - 106 = -14 \text{ mm}$			
stupeň IAL	$I_{\text{projekt}} - 107 = 92 - 107 = -15 \text{ mm}$			

Tab. č. 4 - Záporné odchyly - PK od projektované hodnoty převýšení v úseku Havlíčkův Brod - Okrouhlice

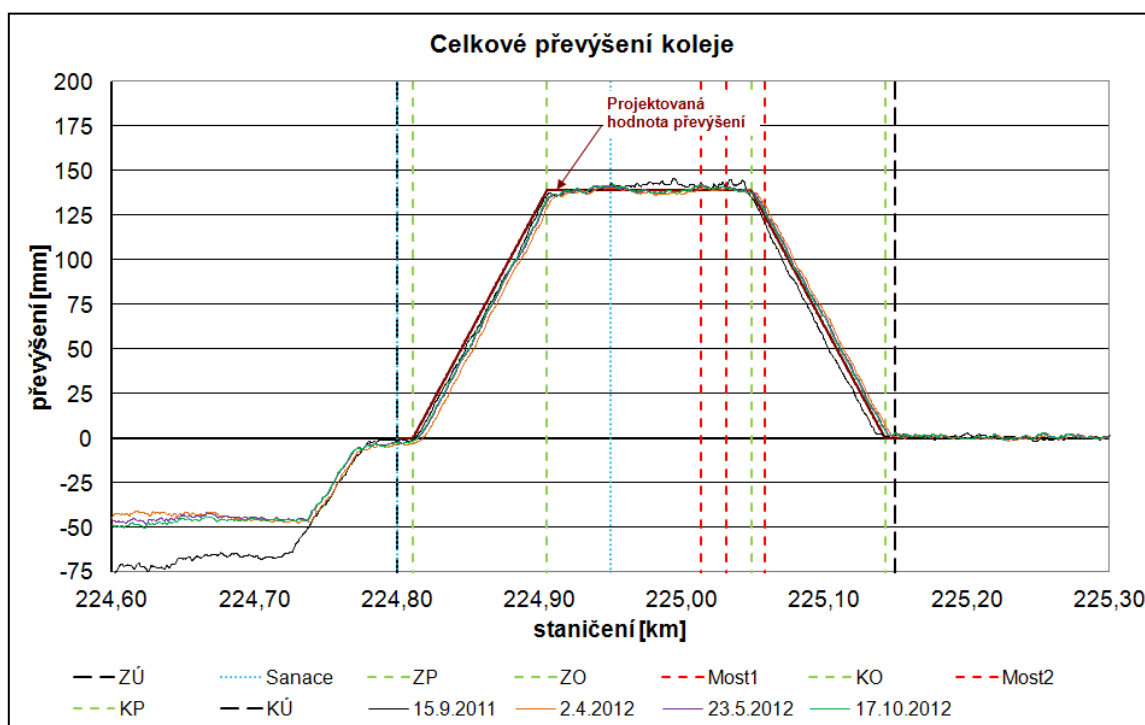


Graf č. 21 - Odchyly v převýšení koleje v úseku Havlíčkův Brod - Okrouhlice

Směrodatné odchyly jsou spočítány pouze pro měření, která proběhla v roce 2012. Po celé délce úseku dosahují podobných hodnot okolo 0,5. Nejvyšší hodnota odchyly je 0,74 a nachází se na začátku oblouku.



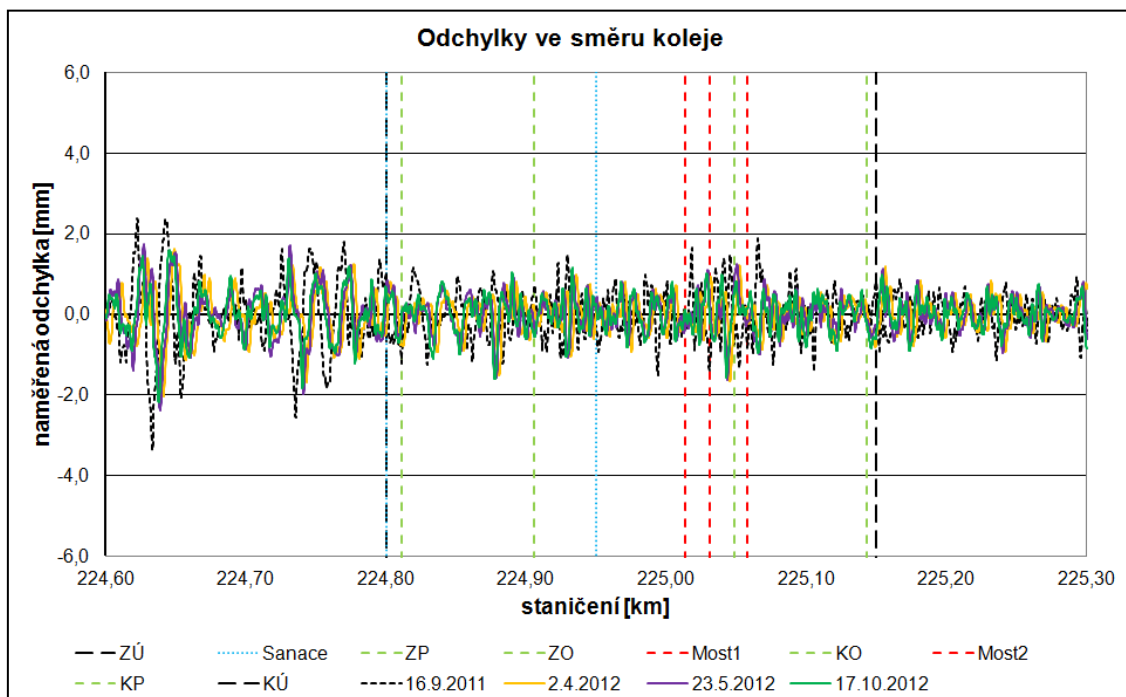
Graf č. 22 - Směrodatné odchyly v převýšení koleje v úseku Havlíčkův Brod - Okrouhlice



Graf č. 23 - Celkové převýšení koleje v úseku Havlíčkův Brod - Okrouhlice

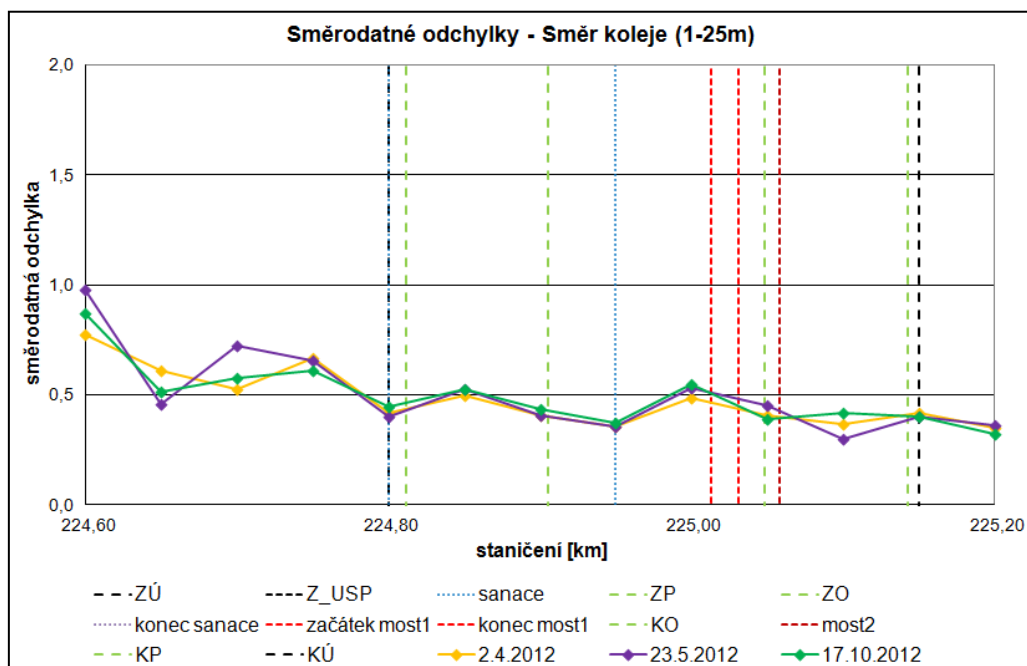
9.2.1.2 Směr koleje

Odchytky ve směru koleje byly měřeny ve vlnové délce 1 - 25 m a pro jednotlivé kolejnicové pásy. Odchytky ve směru koleje ve vlnové délce 1- 25 m dosahují největších hodnot před zkušebním úsekem, kde byly změřeny hodnoty odchylek až přes 2 mm. V úseku s podpražcovými podložkami nabývají hodnot od -1,5 mm až do 1,5 mm, pouze v oblasti mostů dochází k jejich nárůstu. Oproti roku 2011 došlo v celém úseku k zmenšení odchylek. Na základě odchylek dle grafu lze říci, že podpražcové podložky při srovnání s úsekem před USP, mají pozitivní vliv na velikost odchylek ve směru koleje.



Graf č. 24 - Odchyly ve směru koleje (1-25m) v úseku Havlíčkův Brod - Okrouhlice

V úseku s podpražcovými podložkami je hodnota směrodatných odchylek poloviční než v úseku bez podpražcových podložek. Hodnoty se v něm pohybují okolo 0,5, kdežto před zkušebním úsekem jsou hodnoty až 1,0.



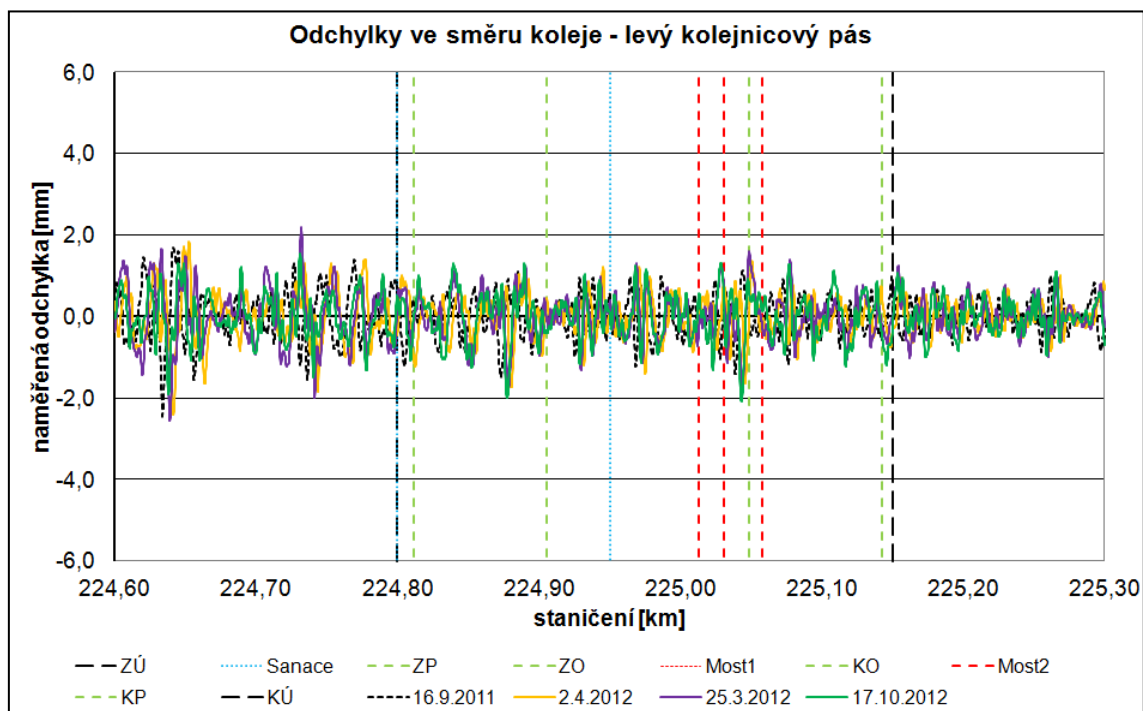
Graf č. 25 - Směrodatné odchyly ve směru koleje (1-25m) v úseku Havlíčkův Brod - Okrouhlice

Odchyly ve směru koleje jsou zpracovány také pro jednotlivé kolejnicové pásy. Pro pravý kolejnicový pás dosahují odchyly před zkušebním úsekem vyšších hodnot, po zbytek úseku jsou až na malé lokální zvětšení odchylek velmi podobné. V levém kolejnicovém pásu dosahují odchyly nepatrně vyšších hodnot oproti pravému kolejnicovému pásu v úseku bez USP, v úseku s USP jsou stejné.

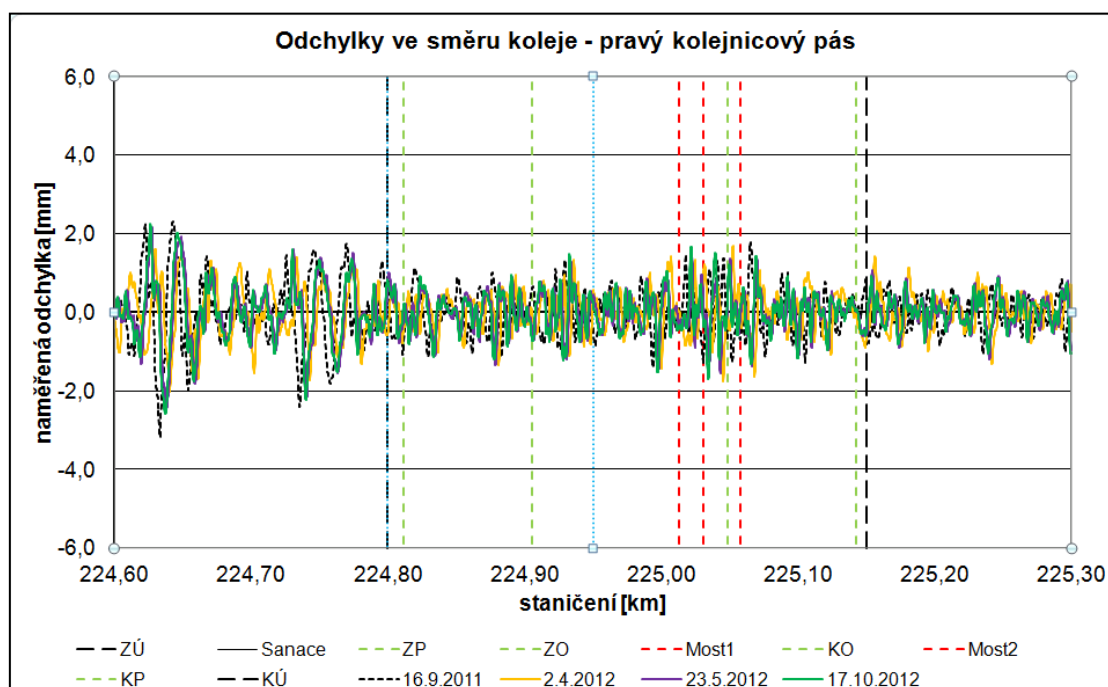
Odchyly se pohybují v rozsahu ± 3 mm, což zcela splňuje provozní a mezní provozní odchyly směru koleje pro levý a pravý kolejnicový pás.

	V [km/h]	SL, SP [mm]
stupeň AL	$60 < V \leq 80$	± 13
stupeň IL		± 15
stupeň IAL		± 18

Tab. č. 5 - Provozní a mezní provozní odchylky veličin SL, SP pro úsek Havlíčkův Brod - Okrouhlice

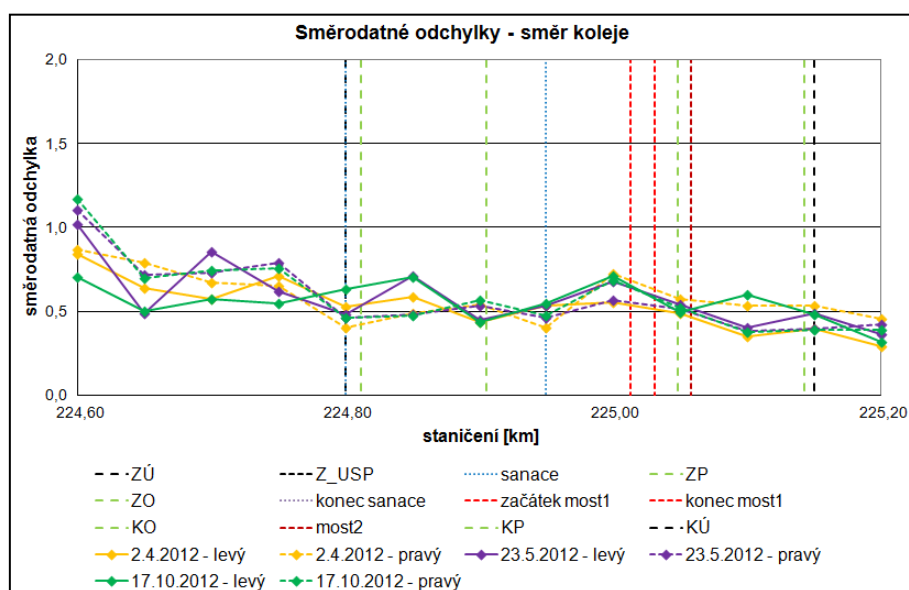


Graf č. 26 - Odchyly ve směru koleje - levý kolejnicový pás v úseku Havlíčkův Brod - Okrouhlice



Graf č. 27 - Odchylky ve směru koleje - pravý kolejnicový pás v úseku Havlíčkův Brod - Okrouhlice

Pro lepší porovnání jsem vložila směrodatné odchylky pro jednotlivé kolejnicové pásy do jednoho grafu. Stejně jako v grafech pro odchylky, jsou nejvyšší hodnoty směrodatných odchylek před zkušebním úsekem s podpražcovými podložkami, dosahují hodnot až 1,0. Hodnoty směrodatných odchylek jsou pro oba kolejnicové pásy a pro všechna měření srovnatelné.



Graf č. 28 - Směrodatné odchylky - směr koleje v úseku Havlíčkův Brod - Okrouhlice

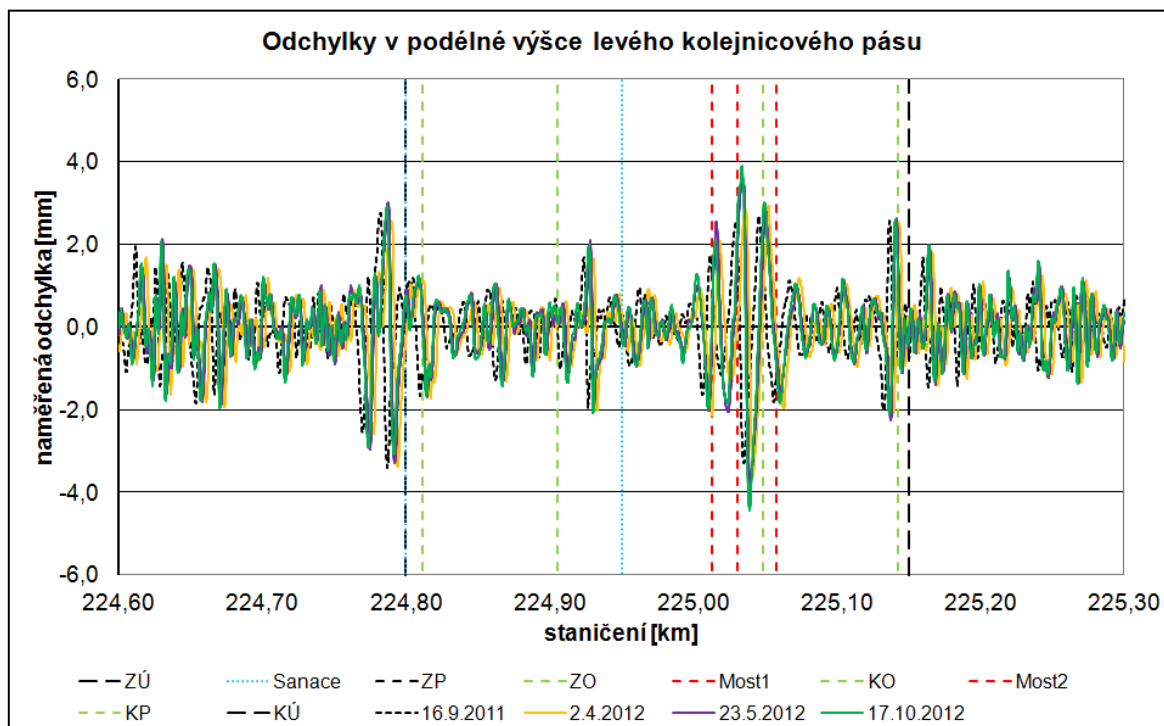
9.2.1.3 Podélná výška koleje

Odchytky podélné výšky koleje jsem zpracovala pro jednotlivé kolejnicové pásy. Odchytky jednotlivých kolejnicových pásů dosahují podobných hodnot. Největší odchytky jsou na přechodech mezi úseky bez a s podpražcovými podložkami a v oblasti mostů. Odchytky ve zkušebním úseku s USP jsou místy až poloviční oproti úseku bez USP. V levém kolejnicovém pásu se v km 224,927 vyskytla lokální zvětšená odchytky. V tomto místě se nachází zrušený železniční přejezd, který je (i přes řadu opatření - např. oplocení) využíván místními obyvateli nadále jako přechod. Výsledkem je sešlapání kolejového lože, které dle předpisu S6DC S3/2 *Bezstyková kolej* vyžaduje vzhledem k poloměru směrového oblouku opravu tvaru vzhledem ke zvětšení příčného odporu kolejového roštu v kolejovém loži. To má zřejmě vliv na geometrické parametry koleje. K zvětšení odchylek během roku 2012 došlo jen nepatrně. Na základě výsledků z grafů je možné říci, že podpražcové podložky mají pozitivní vliv na podélnou výšku koleje.

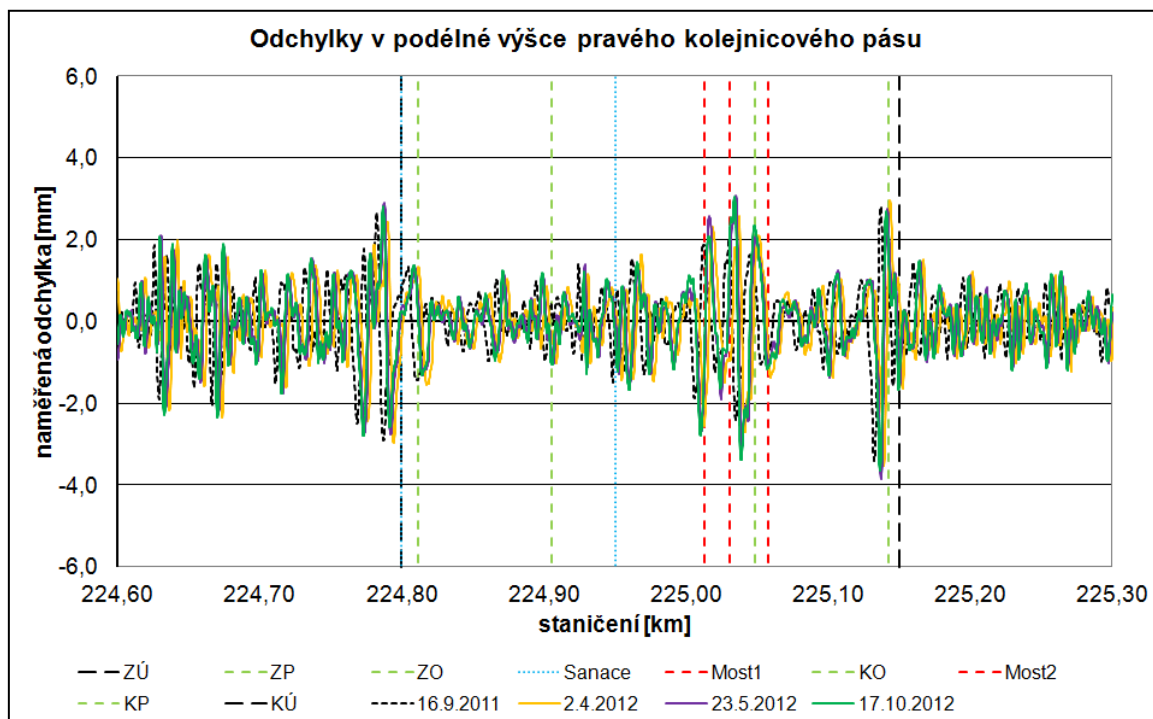
Největší odchytky dosahují hodnot ± 4 mm, splňují tedy všechny provozní a mezní odchytky podélné výšky koleje pro levý a pravý kolejnicový pás.

	V [km/h]	VL, VP [mm]
stupeň AL	60 < V ≤ 80	±14
stupeň IL		±18
stupeň IAL		±21

Tab. č. 6 - Provozní a mezní provozní odchylky veličin VL, VP pro úsek Havlíčkův Brod - Okrouhlice

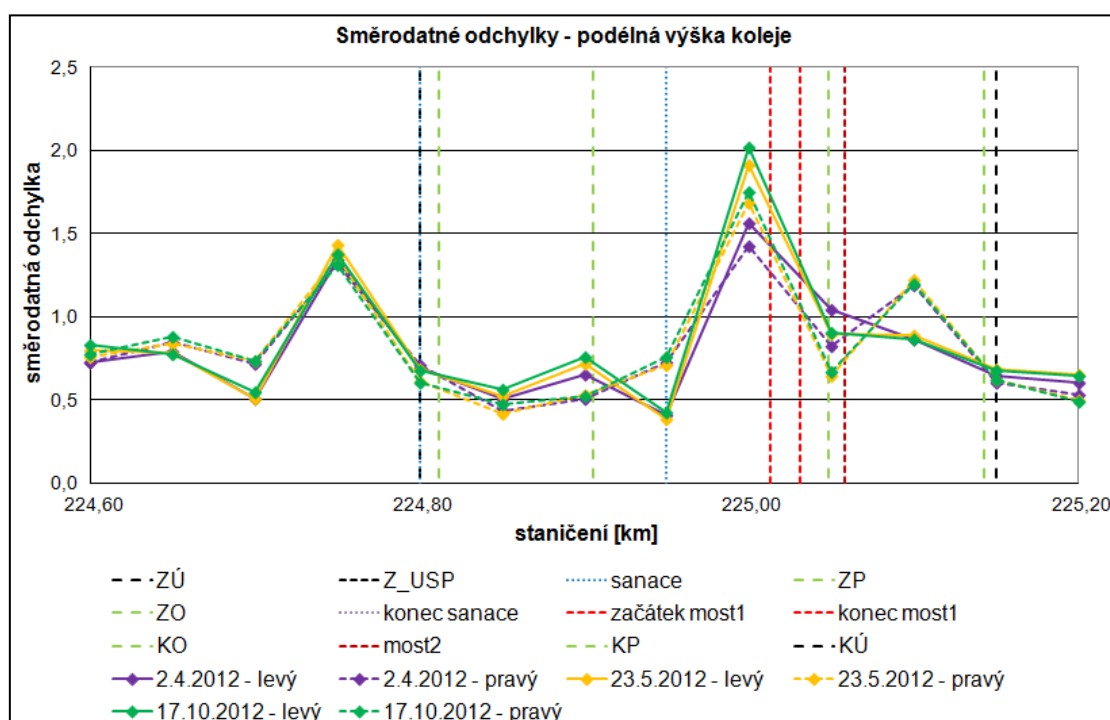


Graf č. 29 - Odchyly v podélné výšce levého kolejnicového pásu v úseku Havlíčkův Brod - Okrouhlice



Graf č. 30 - Odchyly v podélné výšce pravého kolejnicového pásu v úseku Havlíčkův Brod - Okrouhlice

Směrodatné odchylky pro jednotlivé kolejnicové pásy jsou vloženy do jednoho grafu. Směrodatné odchylky se v úseku bez USP v čase téměř nemění. Největší hodnota 1,44 je před úsekem s USP. Ve zkušebním úseku s podpražcovými podložkami je nejvyšších hodnot dosaženo v místě před mostní konstrukcí, kde levý kolejnicový pás má směrodatnou odchylku téměř 2,0. Za druhým mostem dochází ke zvýšení směrodatné odchylky pravého kolejnicového pásu na hodnotu 1,22. Zbytek zkušebního úseku ale vykazuje malé směrodatné odchylky okolo hodnot 0,7.



Graf č. 31 - Směrodatné odchylky - podélná výška koleje v úseku Havlíčkův Brod - Okrouhlice

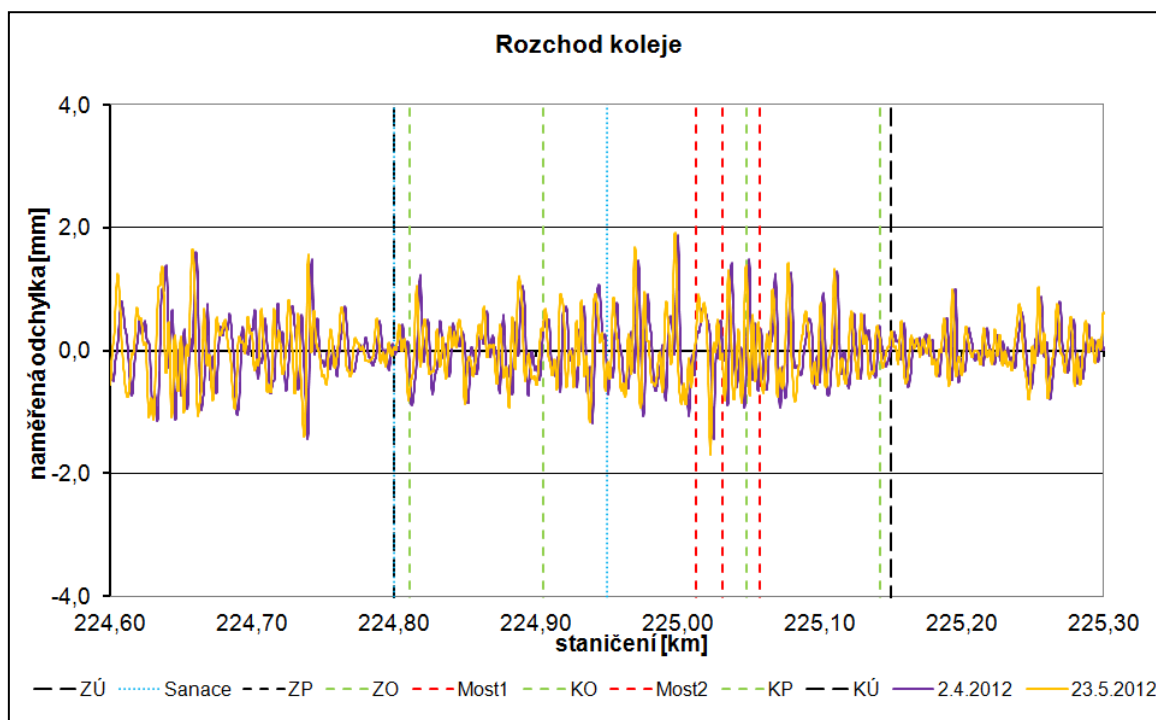
9.2.1.4 Rozchod koleje

Graf pro rozchod koleje je zpracován pouze pro měření, která proběhla v roce 2012. V celém úseku dosahují odchylky podobných hodnot nezávisle na přítomnosti podpražcových podložek. Pouze před a za zkušebním úsekem s USP jsou krátké úseky, ve kterých dosahují odchylky až polovičních hodnot. Lze tedy říci, že podpražcové podložky nemají vliv na rozchod koleje.

Odchylky se pohybují v rozsahu ± 2 mm. Splňují tedy všechny provozní a mezní odchylky rozchodu koleje.

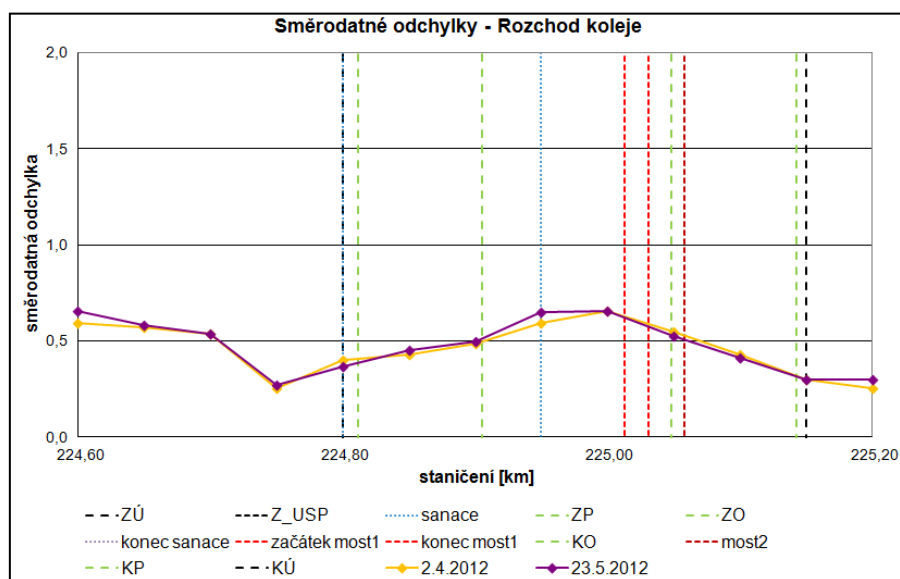
	V [km/h]	RK [mm]	
stupeň AL	60 < V ≤ 80	+25	-7
stupeň IL		+30	-8
stupeň IAL		+35	-9

Tab. č. 7 - Provozní a mezní provozní odchylky veličiny RK pro úsek Havlíčkův Brod - Okrouhlice



Graf č. 32 - Odchylky - rozchod koleje v úseku Havlíčkův Brod - Okrouhlice

Směrodatné odchylky vykazují stejné hodnoty. Nejnižších hodnot, okolo 0,3, je dosaženo také před a za zkušebním úsekem s USP stejně jako u odchylek rozchodu koleje. Ve zkušebním úseku dochází k jejich plynulému nárůstu s maximem 0,65 dosaženým před mostními konstrukcemi a poté k jejich plynulému zmenšování. Pro měření provedená v roce 2012 jsou hodnoty směrodatných odchylek téměř stejné.



Graf č. 33 - Směrodatné odchylky - rozchod koleje v úseku Havlíčkův Brod - Okrouhlice

9.2.1.5 Zborcení koleje

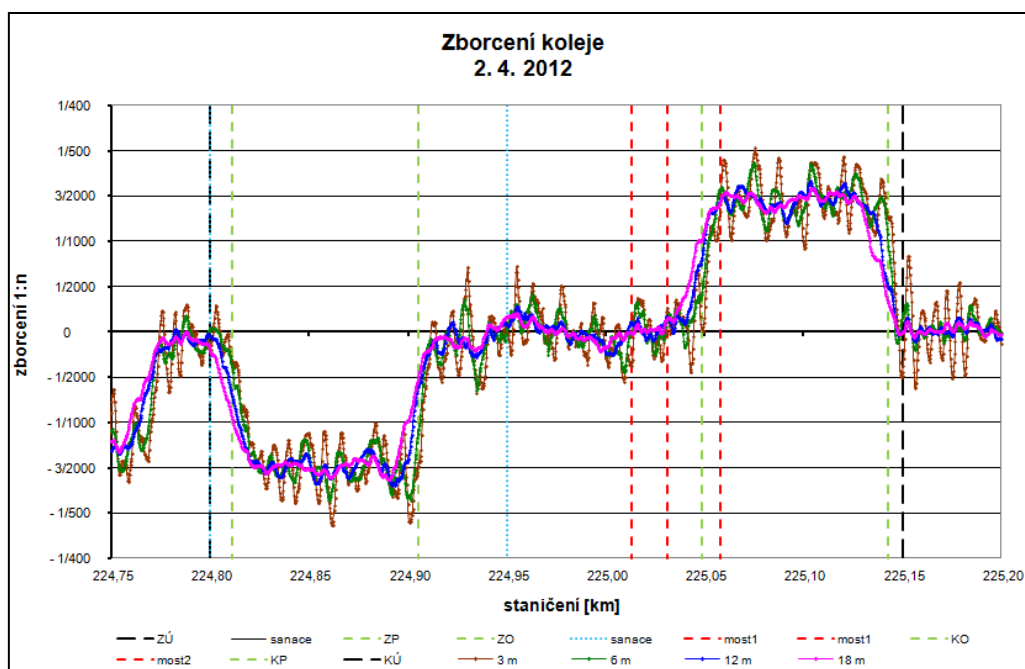
Zborcení koleje je spočítáno pro čtyři měřicí základny - 3 m, 6 m, 12 m a 18 m z naměřených hodnot celkového převýšení koleje. Největší lokální výchylky vykazuje zborcení na měřicí základně dlouhé 3 m a nejmenší na měřicí základně délky 18 m. Po celé délce úseku jsou odchylky vyrovnané. Na základě těchto výsledků nelze určit jednoznačný vliv podpražcových podložek na parametr zborcení koleje.

Nejvyšší hodnoty zborcení jednotlivých měřicích základen byly porovnány s provozními a mezními provozními hodnotami zborcení koleje. Všechny hodnoty vyhověly stanoveným mezím.

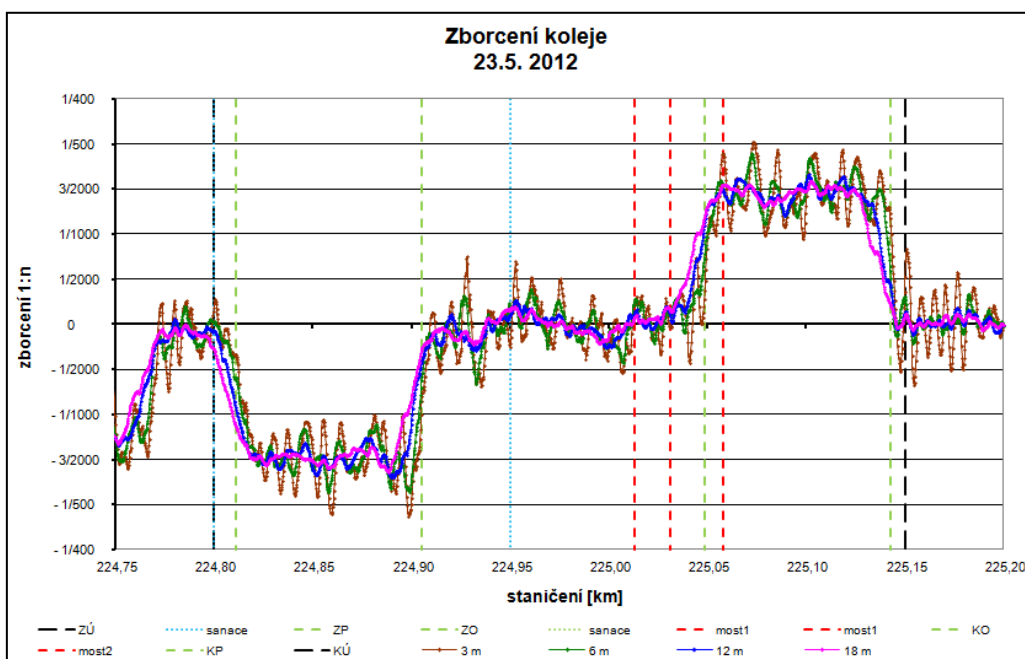
	Hodnoty ZK (mm/m)	Délka měřické základny	měření 2. 4. 2012	měření 23. 5. 2012	měření 17. 10. 2012	vyhovuje
stupeň AL	max 4,0	3 m	2,13	2,13	2,16	ano
	max 3,5	6 m	1,87	1,90	1,89	ano
	max 2,8	12 m	1,70	1,70	1,71	ano
	max 2,75	18 m	1,64	1,64	1,65	ano
stupeň IL	max 5,0	3 m	2,13	2,13	2,16	ano
	max 4,2	6 m	1,87	1,90	1,89	ano
	max 3,0	12 m	1,70	1,70	1,71	ano
	max 2,85	18 m	1,64	1,64	1,65	ano

stupeň IAL	<i>max 6,0</i>	<i>3 m</i>	2,13	2,13	2,16	ano
	<i>max 4,8</i>	<i>6 m</i>	1,87	1,90	1,89	ano
	<i>max 3,2</i>	<i>12 m</i>	1,70	1,70	1,71	ano
	<i>max 3,0</i>	<i>18 m</i>	1,64	1,64	1,65	ano

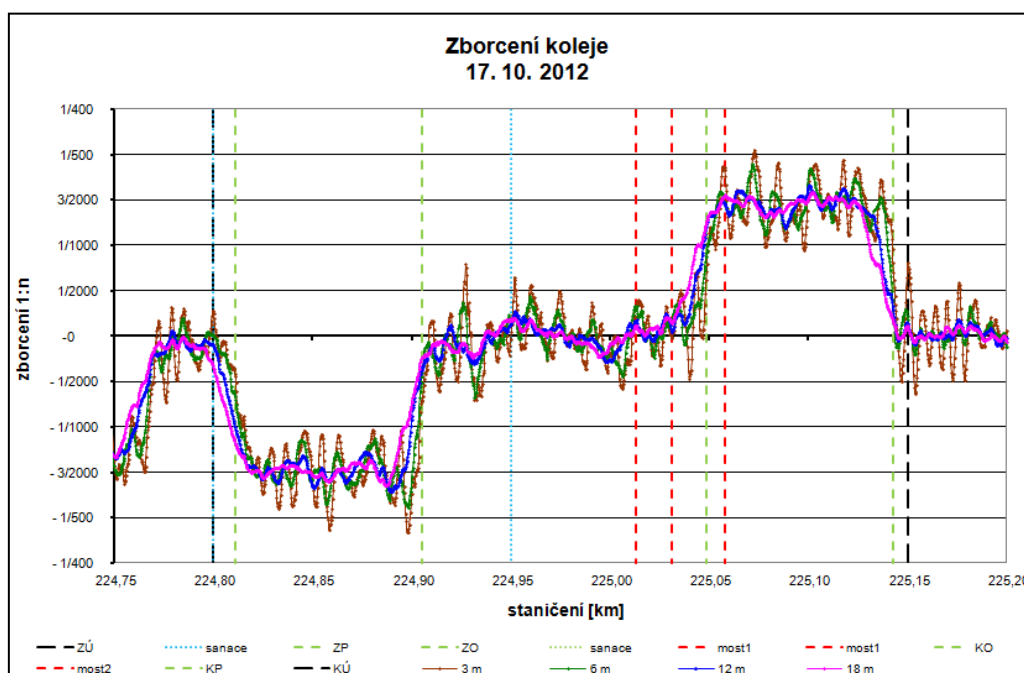
Tab. č. 8 - Provozní a mezní provozní hodnoty zborcení koleje pro úsek Havlíčkův Brod - Okrouhlice



Graf č. 34 - Zborcení koleje 2. 4. 2012 v úseku Havlíčkův Brod - Okrouhlice



Graf č. 35 - Zborcení koleje 23. 5. 2012 v úseku Havlíčkův Brod - Okrouhlice



Graf č. 36 - Zborcení koleje 17. 10. 2012 v úseku Havlíčkův Brod - Okrouhlice

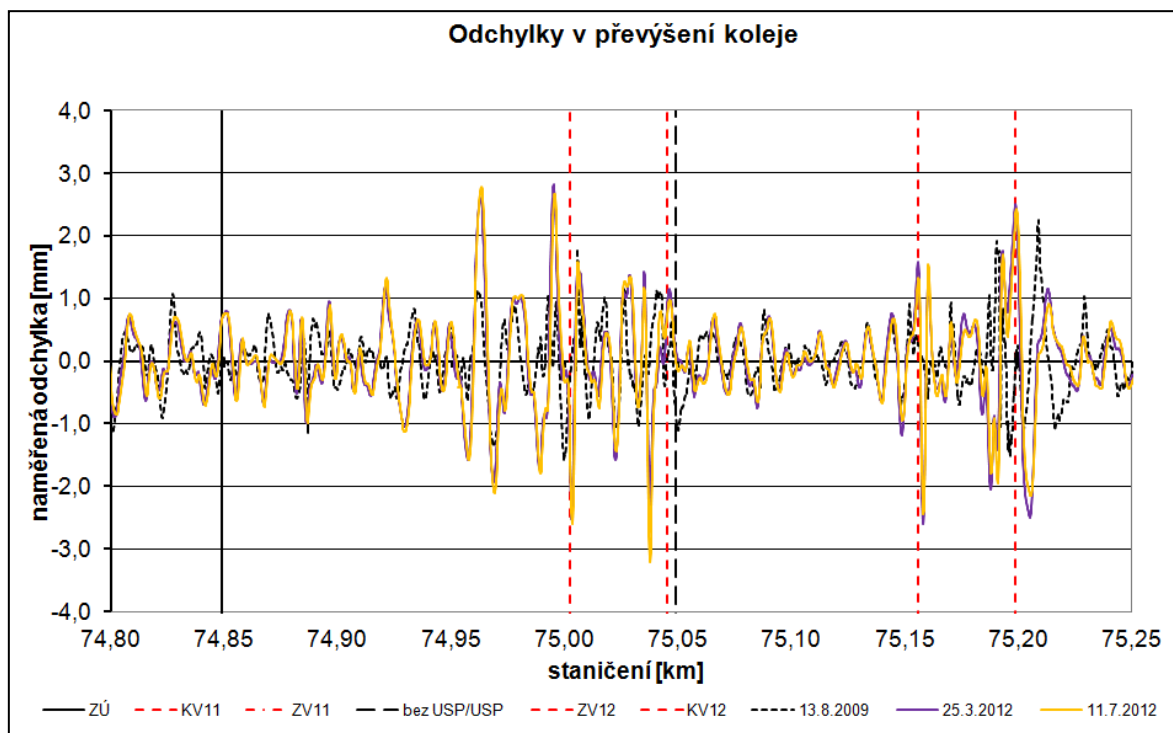
9.2.2 Planá nad Lužnicí

V žst. Planá nad Lužnicí proběhla v roce 2012 tři měření měřicím vozem a to ve dnech 25. 3. 2012, 11. 7. 2012 a 4. 12. 2012. Odchyly rozchodu a převýšení koleje jsou zpracovány pouze pro první dvě měření, z třetího měření nebyly data k dispozici. Pro porovnání jsem v grafech použila výsledky z posledního měření z roku 2011 a u odchylek převýšení koleje a celkového převýšení koleje také data z roku 2009, která byla naměřena po podbíjení provedeném v červenci 2009. Pro každý geometrický parametr byl zpracován graf odchylek sledovaného parametru a graf směrodatných odchylek. Pro výpočet směrodatných odchylek byl úsek rozdělen po 50 m.

9.2.2.1 Odchyly v převýšení koleje

Odchyly v převýšení koleje se od roku 2009 v úseku s podpražcovými podložkami příliš nezměnily. Došlo k jejich mírnému zvětšení, kdy největší nárůst odchylek nastal v srdcovkové části výhybky č. 12. Odchyly dosahují hodnot -2,5 mm až 2,5 mm. V úseku bez podpražcových podložek jsou největší odchyly za výhybkou č. 11 a ve výměnové části

této výhybky, kde dosahují hodnot až -3,2 mm. Oproti roku 2009 došlo k výraznému zvětšení odchylek v oblasti za výhybkou č. 11, ale největší odchylka z roku 2009 za výhybkou č. 12 se zmenšila na polovinu.



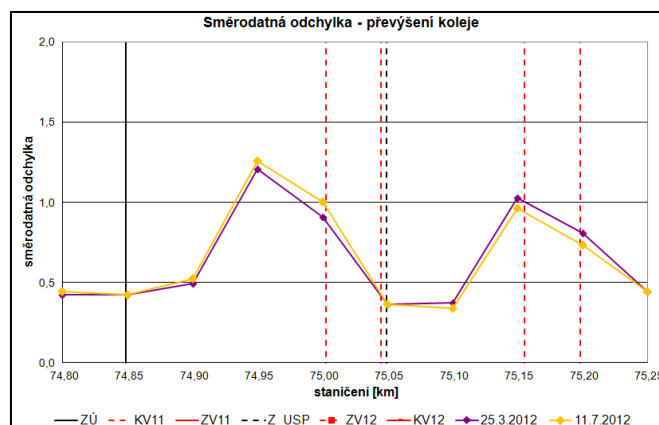
Graf č. 37 - Odchylky v převýšení koleje v úseku v žst. Planá nad Lužnicí

Pro obě měření byly vybrány největší odchylky úseku s podpražcovými podložkami a tyto odchylky byly porovnány s provozními a mezními odchylkami veličiny převýšení koleje projektované hodnoty. Pro všechna měření odchylky s velkou rezervou vyhověly.

	V [km/h]	PK [mm]	25. 3. 2012	11. 7. 2012	4. 12. 2012
stupeň AL	$120 < V \leq 160$	± 16	-6,8 a 5,8	-4,4 a 7,0	-4,7 a 7,0
stupeň IL		± 18			
stupeň IAL		± 20			

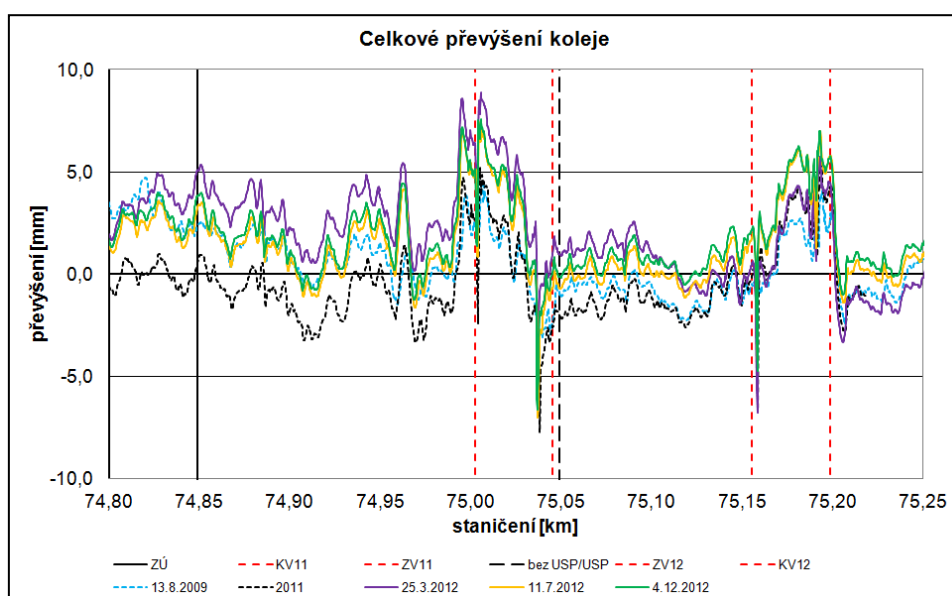
Tab. č. 9 - Provozní a mezní provozní odchylky veličiny PK od projektované hodnoty v žst. Planá nad Lužnicí

Směrodatné odchylky dosahují nejvyšší hodnoty v úseku bez USP za výhybkou č. 11 a v úseku s USP ve výměnové části výhybky č. 12. V úseku mezi výhybkami je hodnota směrodatné odchylky 0,35.



Graf č. 38 - Směrodatné odchylky - převýšení koleje v úseku v žst. Planá nad Lužnicí

V grafu celkového převýšení koleje je patrný pozitivní vliv podpražcových podložek. Odchylky jsou menší a také k jejich nárůstu dochází pomaleji. Odchylky ve výhybce jsou výrazně menší. Největší odchylky jsou v obou případech ve výměnové části výhybky. Výhybky a výhybkové konstrukce jsou typické nehomogenitami v tuhosti kolejové jízdní dráhy v podélném i příčném směru. Výhybky a výhybkové konstrukce jsou nejvíce namáhanou konstrukcí v kolejové jízdní dráze, jsou zdrojem přidavných dynamických účinků.

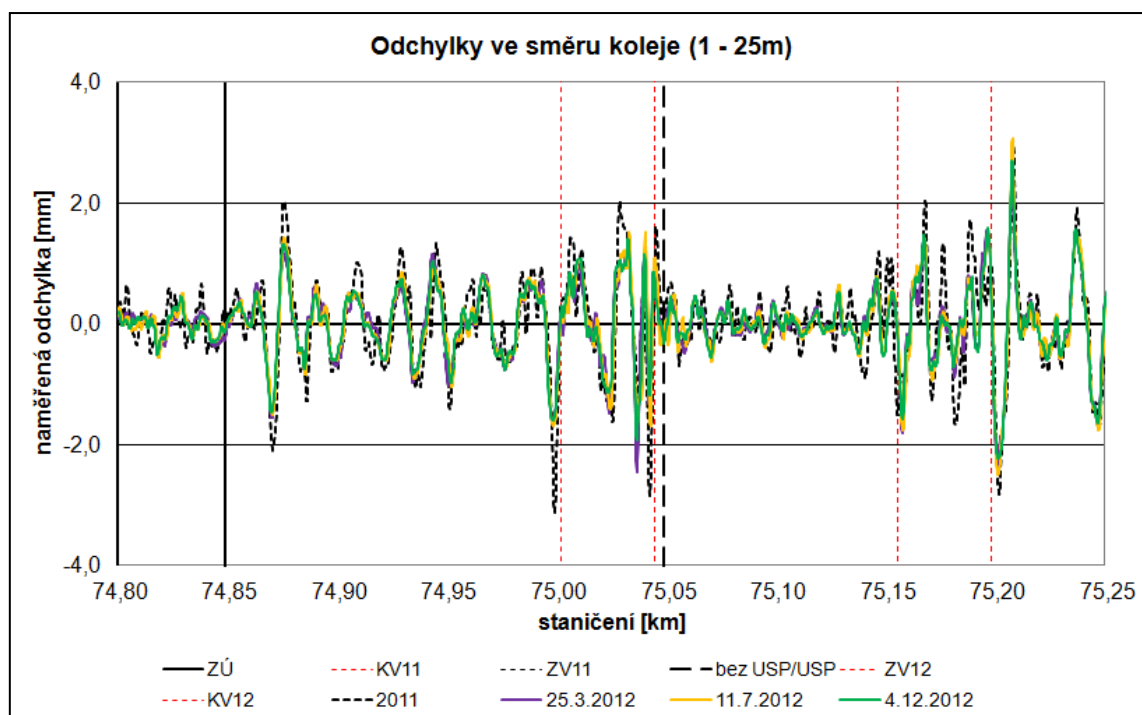


Graf č. 39 - Celkové převýšení koleje v úseku v žst. Planá nad Lužnicí

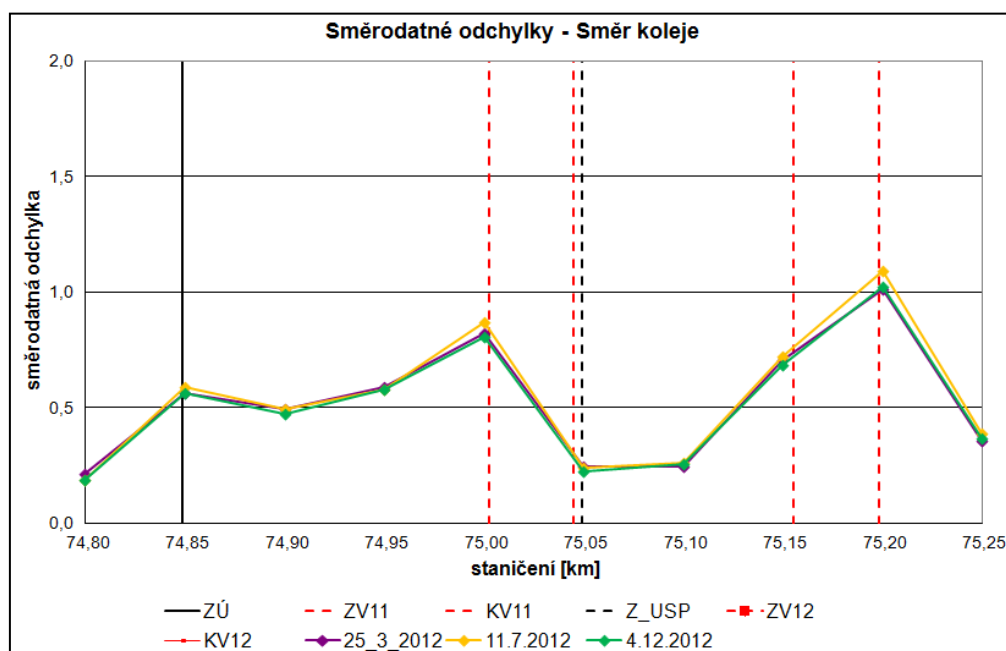
9.2.2.2 Směr koleje

V grafech pro odchylky ve směru koleje pro vlnovou délku 1-25 m je vidět pozitivní vliv podpražcových podložek. Odchylky v úseku s podpražcovými podložkami jsou poloviční než v úseku bez USP, pohybují se v rozmezí -0,5 až 1 mm. Ve výhybce č. 11 je největší odchylka ve výměnové části, ve výhybce č. 12 jsou odchylky podobné po celé délce výhybky. Největší odchylky se vyskytují za dlouhými pražci výhybky č. 12, kde dosahují hodnot až 3 mm.

Směrodatné odchylky dosahují nejvyšších hodnot za výhybkami č. 11 a č. 12 v místě dlouhých pražců. Nejnižší hodnoty byly dosaženy v úseku s podpražcovými podložkami mezi výhybkami, což ukazuje pozitivní vliv USP na směr koleje.



Graf č. 40 - Odchylky ve směru koleje v úseku v žst. Planá nad Lužnicí

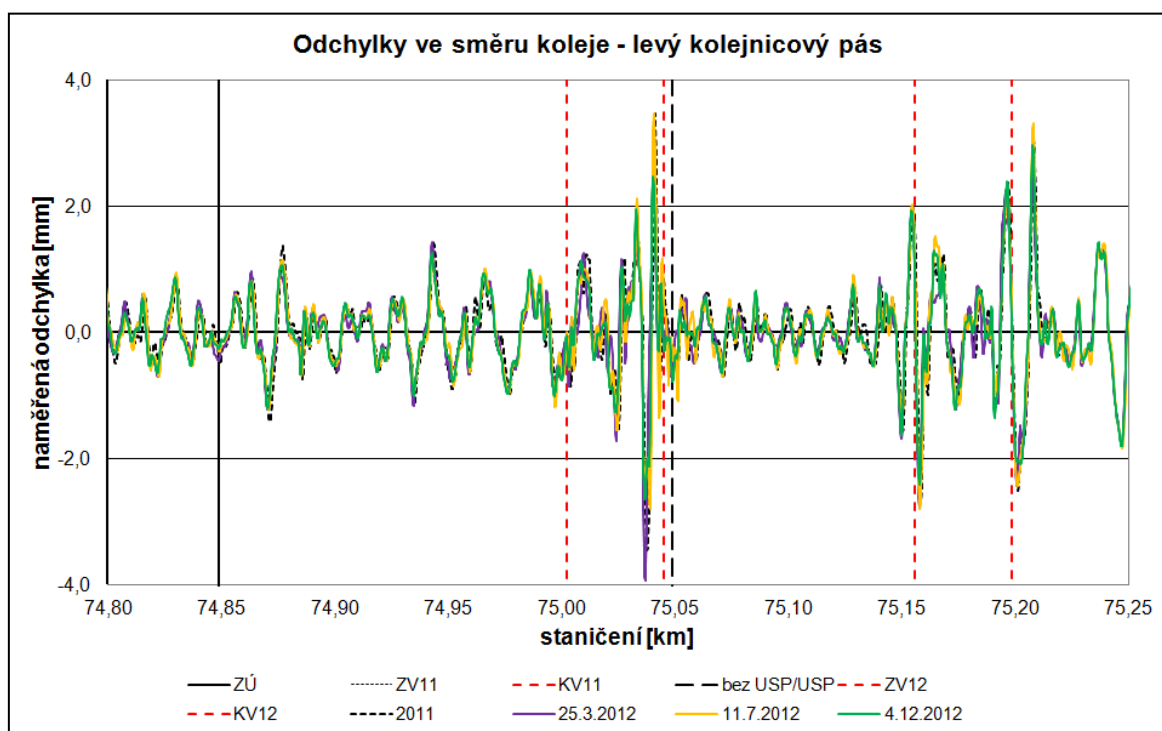


Graf č. 41 - Směrodatné odchylky ve směru koleje v úseku v žst. Planá nad Lužnicí

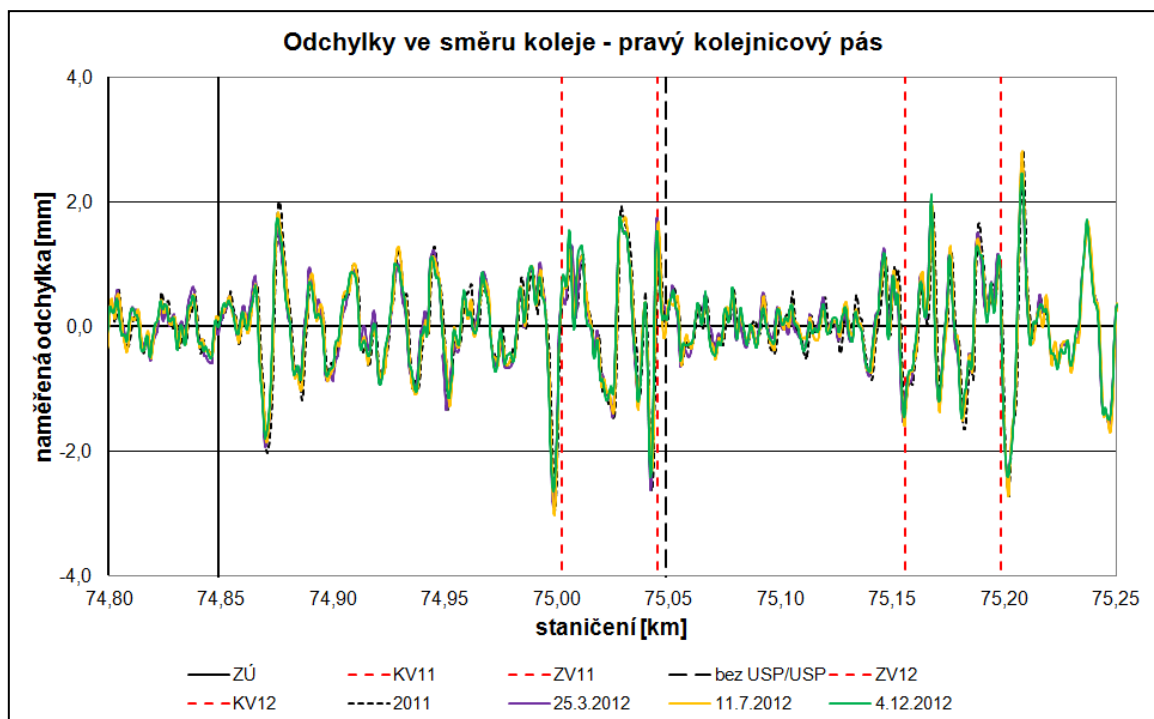
Odchylky byly zpracovány také zvlášť pro jednotlivé kolejnicové pásy. Odchylky si jsou velmi podobné, největší rozdíl je ve výhybce č. 11, která se nachází v úseku bez USP. V levém kolejnicovém pásu ve výměnové části výhybky jsou dvojnásobné odchylky oproti pravému kolejnicovému pásu. Odchylky se pohybují v rozsahu $\pm 4\text{mm}$ a splňují provozní a mezní provozní odchylky směru koleje pro levý a pravý kolejnicový pás.

	V [km/h]	SL, SP [mm]
stupeň AL	$120 < V \leq 160$	± 7
stupeň IL		± 8
stupeň IAL		± 11

Tab. č. 10 - Provozní a mezní provozní odchylky veličiny SL, SP pro úsek žst. Planá nad Lužnicí

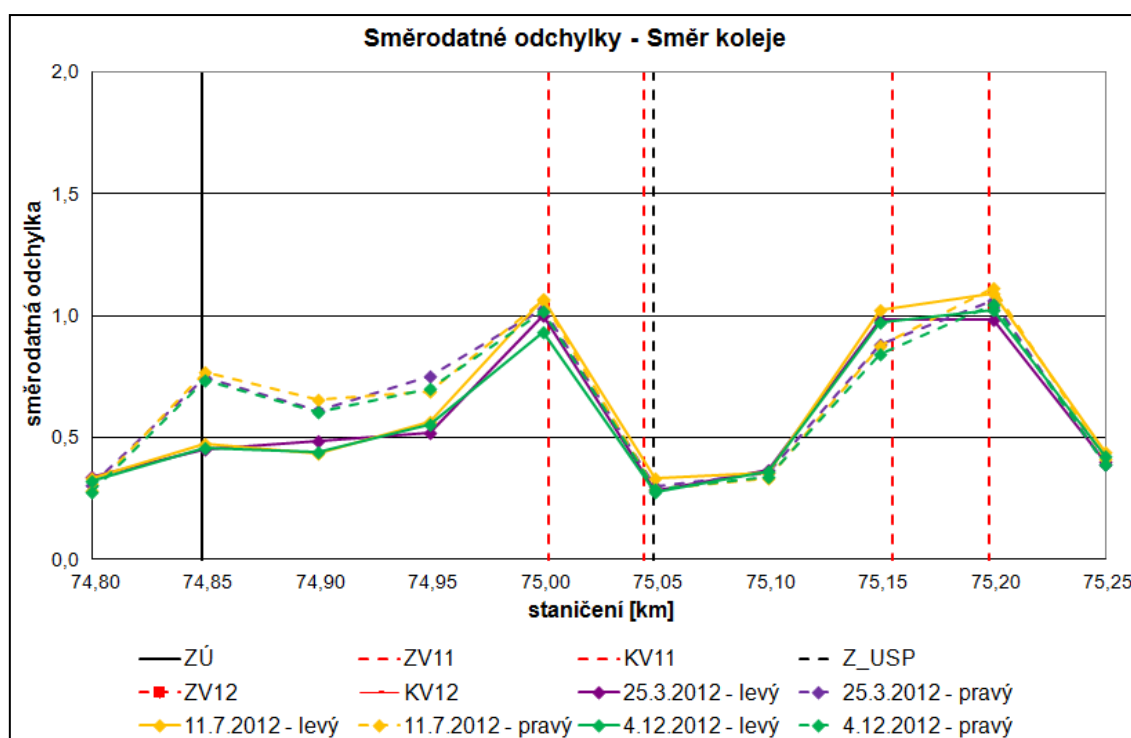


Graf č. 42 - Odchyly ve směru koleje - levý kolejnicový pás v úseku v žst. Planá nad Lužnicí



Graf č. 43 - Odchyly ve směru koleje - pravý kolejnicový pás v úseku v žst. Planá nad Lužnicí

Směrodatné odchylky pro jednotlivé kolejnicové pásy jsem pro lepší porovnání zpracovala v jednom grafu. Směrodatné odchylky dosahují v úseku s USP pro oba kolejnicové pásy podobných hodnot s maximálními hodnotami kolem 1,0 v oblasti výhybky č. 12. V úseku bez USP má levý kolejnicový pás vyšší hodnoty směrodatných odchylek cca o třetinu. Nejvyšší hodnoty směrodatných odchylek jsou ve výhybce č. 11 a dosahují hodnot 1,0. V úseku mezi výhybkami jsou směrodatné odchylky menší než v úseku bez USP, takže lze říci, že podpražcové podložky zde mají příznivý vliv.



Graf č. 44 - Směrodatné odchylky - směr koleje v úseku v žst. Planá nad Lužnicí

9.2.2.3 Podélná výška koleje

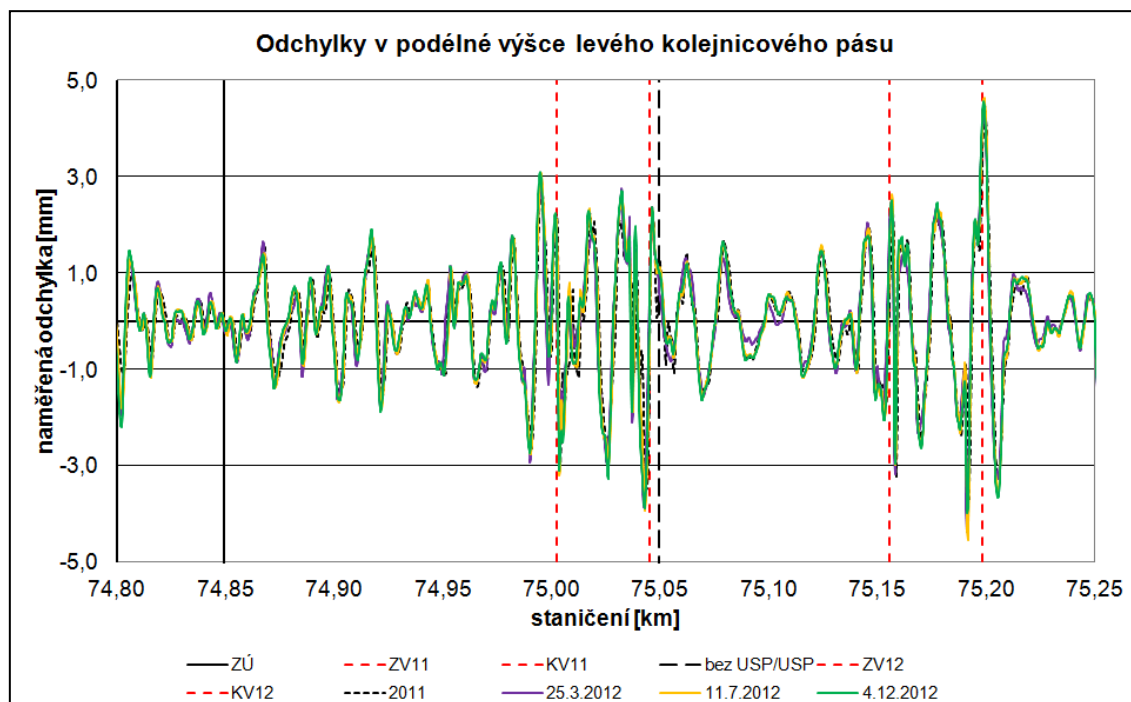
Odchylky podélné výšky jsou zpracovány pro jednotlivé kolejnicové pásy. Nejmenších hodnot odchylek je dosaženo v úseku mezi výhybkami. Oproti úseku bez USP je v některých místech hodnota dokonce poloviční. Lze tedy dobře vidět pozitivní přínos podpražcových podložek. Ve výhybkách jsou pro levý kolejnicový pás odchylky srovnatelné, nejvyšší hodnoty je dosaženo v oblasti dlouhých pražců výhybky č.12. Odchylky pravého

kolejnicového pásu ale dosahují nižších hodnot ve výhybce č. 12 s USP než u výhybky č. 11 bez USP. Zde je maximální hodnota odchylky dosažena ve výměnové části výhybky č. 11.

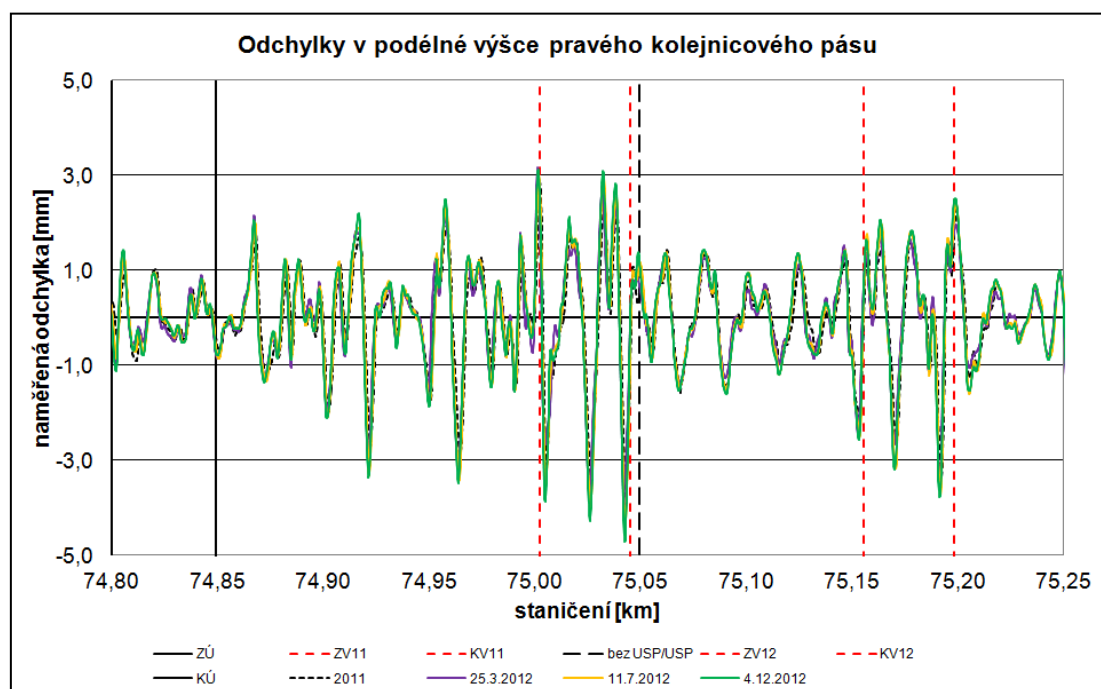
Odchylky se pohybují v rozsahu ± 5 mm, což zcela splňuje provozní a mezní provozní odchylky pro podélnou výšku jednotlivých kolejnicových pásů.

	V [km/h]	VL, VP [mm]
stupeň AL	$120 < V \leq 160$	± 14
stupeň IL		± 18
stupeň IAL		± 21

Tab. č. 11 - Provozní a mezní provozní odchylky veličin VL, VP pro úsek žst. Planá nad Lužnicí

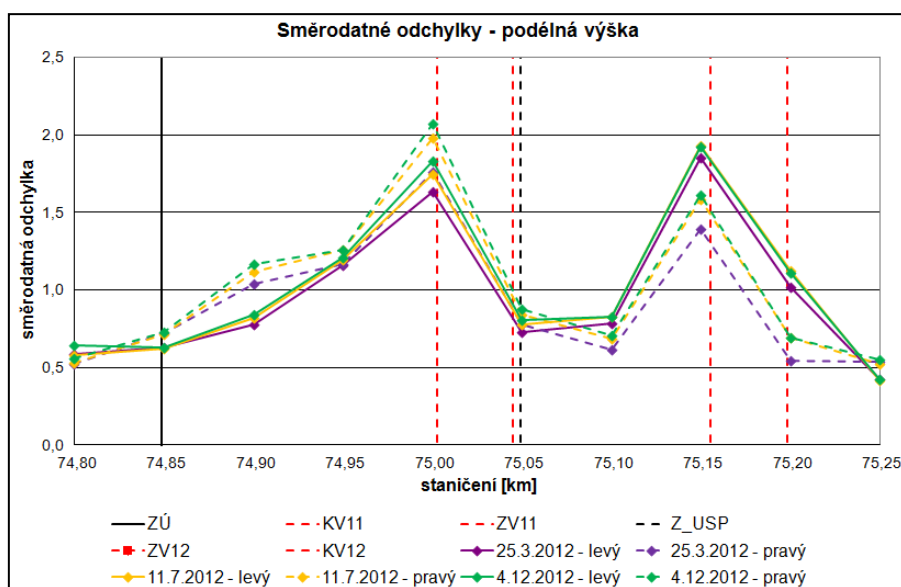


Graf č. 45 - Odchylky v podélné výšce koleje - levý kolejnicový pás v úseku v žst. Planá nad Lužnicí



Graf č. 46 - Odchyly v podélné výšce koleje - pravý kolejnicový pás v úseku v žst. Planá nad Lužnicí

Směrodatné odchyly jsou stejně jako u směru koleje zpracovány pro oba kolejnicové pásy v jednom grafu. V úseku bez USP vykazuje větší odchyly levý kolejnicový pás a maximální hodnota je dosažena před dlouhými pražci výhybky č. 11. V úseku s USP je to přesně naopak, vyšších hodnot směrodatných odchylek je dosaženo u pravého kolejnicového pásu a maximální hodnota je před výhybkou č. 12. Nejnižších hodnot je opět dosaženo v úseku s USP mezi výhybkami.



Graf č. 47 - Směrodatné odchyly - podélná výška v úseku v žst. Planá nad Lužnicí

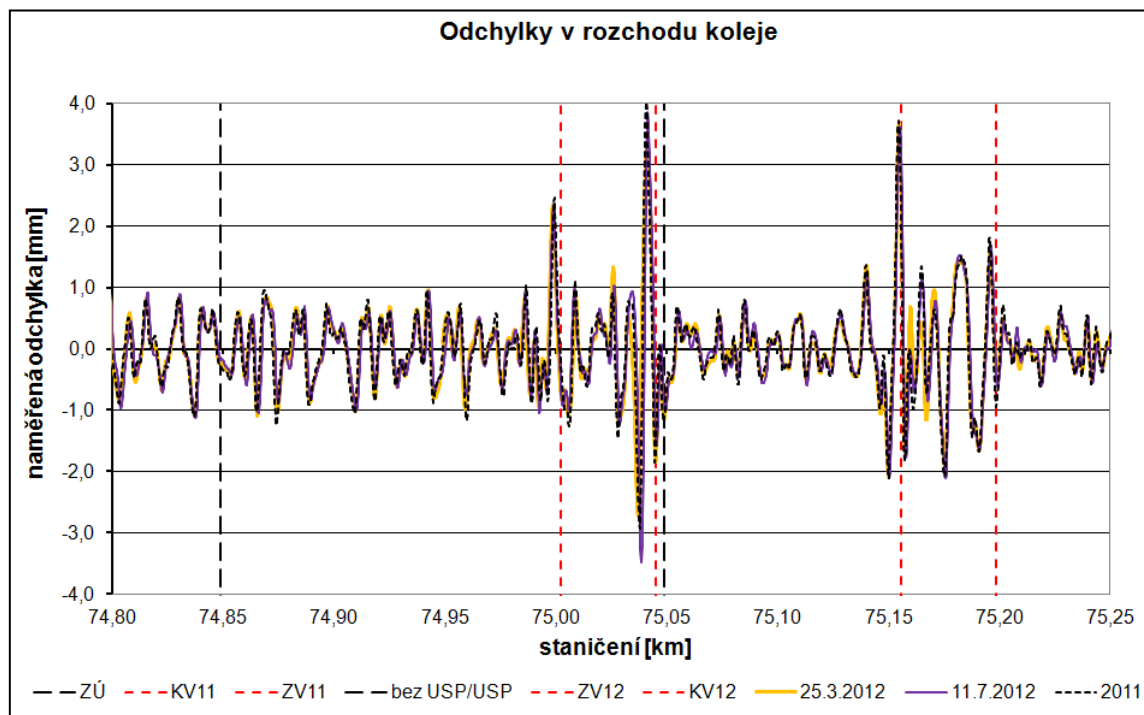
9.2.2.4 Rozchod koleje

Odchyly v rozchodu koleje dosahují v oblasti mezi výhybkami polovičních hodnot oproti odchylkám v úseku bez USP. Lze tedy říci, že podpražcové podložky mají pozitivní vliv na rozchod koleje. Ve výhybkách již tak podstatné rozdíly nejsou. Odchyly si jsou podobné, akorát ve výhybce č. 11 je podstatně větší odchylka ve výměnové části.

Odchyly se pohybují v rozsahu +4 mm, což zcela splňuje provozní a mezní provozní odchylky pro rozchod koleje.

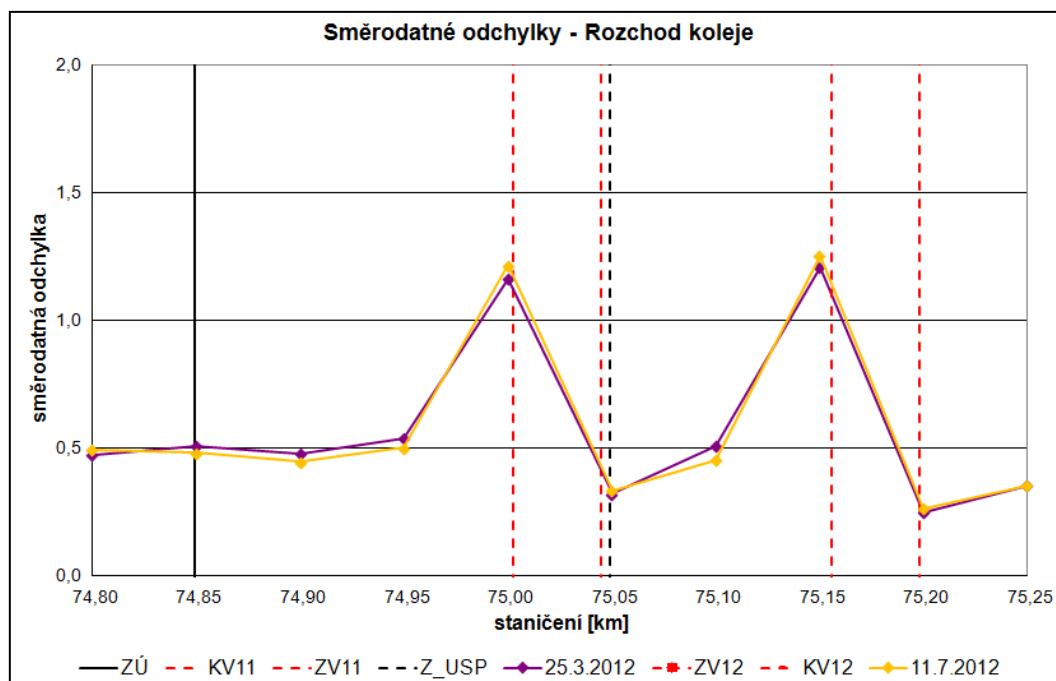
	V [km/h]	RK [mm]
stupeň AL	$120 < V \leq 160$	+10
stupeň IL		+15
stupeň IAL		+20

Tab. č. 12 - Provozní a mezní provozní odchylky veličiny RK pro úsek žst. Planá nad Lužnicí



Graf č. 48 - Odchyly v rozchodu koleje v úseku v žst. Planá nad Lužnicí

Směrodatné odchylky dosahují nejnižších hodnot také v úseku mezi výhybkami. Směrodatné odchylky rozchodu koleje dosahují nejvyšších hodnot za dlouhými pražci výhybky č. 11 a před výhybkou č. 12. Nejnižší hodnota směrodatné odchylky je dosažena za dlouhými pražci výhybky č. 12.



Graf č. 49 - Směrodatné odchylky v rozchodu koleje v úseku v žst. Planá nad Lužnicí

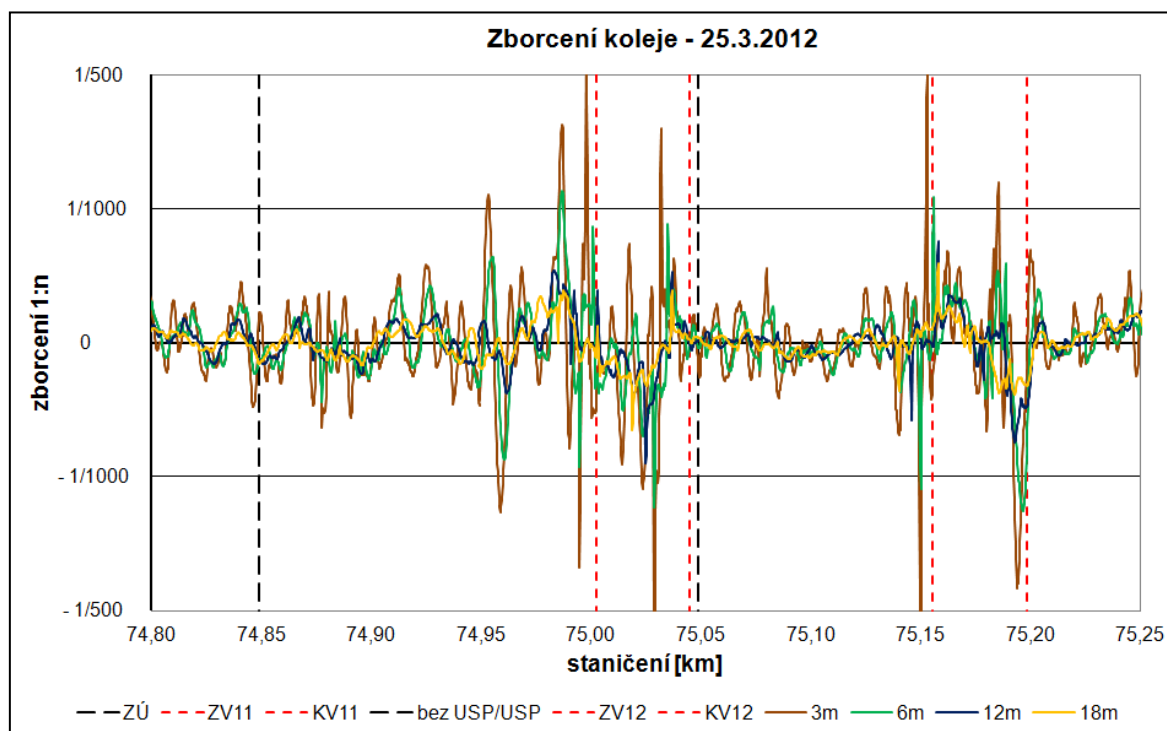
9.2.2.5 Zborcení koleje

Zborcení koleje je stejně jako pro zkušební úsek Havlíčkův Brod - Okrouhlice spočítáno pro čtyři měřicí základny - 3 m, 6 m, 12 m a 18 m z celkového převýšení koleje. Nejnižší hodnoty zborcení jsou v úseku mezi výhybkami, místy jsou až poloviční než v úseku bez USP. Také ve výhybce č. 12 jsou hodnoty příznivější než ve výhybce č. 11 bez USP. Maximální hodnoty jsou dosaženy v obou výhybkách ve výměnové části výhybky a v oblasti dlouhých pražců. Na základě grafů lze potvrdit pozitivní vliv podpražcových podložek na zborcení koleje.

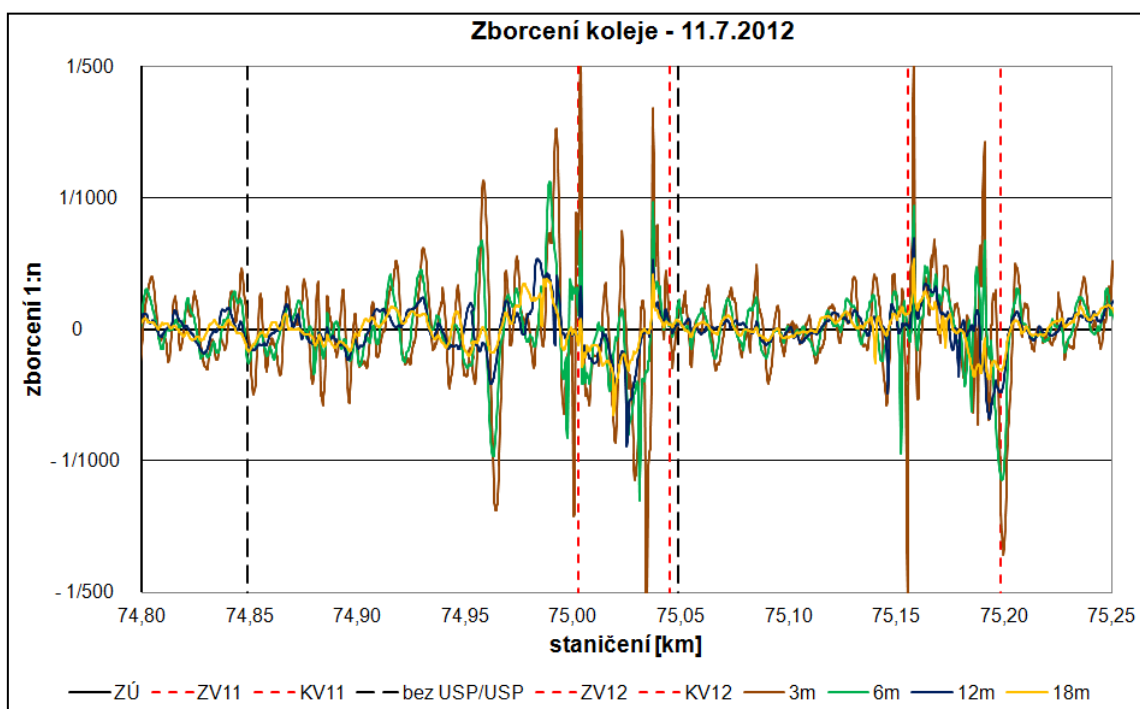
Nejvyšší hodnoty zborcení jednotlivých měřicích základen byly porovnány s provozními a mezními provozními odchylkami zborcení koleje. Všechny hodnoty vyhověly stanoveným mezím.

	Hodnoty ZK (mm/m)	Délka měřické základny	měření 25. 3. 2012	měření 11. 7. 2012	měření 4. 12. 2012	vyhovuje
stupeň AL	<i>max 4,0</i>	<i>3 m</i>	2,44	2,34	2,33	ano
	<i>max 3,5</i>	<i>6 m</i>	1,26	1,30	1,30	ano
	<i>max 2,8</i>	<i>12 m</i>	0,90	0,89	0,90	ano
	<i>max 2,75</i>	<i>18 m</i>	0,66	0,66	0,65	ano
stupeň IL	<i>max 5,0</i>	<i>3 m</i>	2,44	2,34	2,33	ano
	<i>max 4,2</i>	<i>6 m</i>	1,26	1,30	1,30	ano
	<i>max 3,0</i>	<i>12 m</i>	0,90	0,89	0,90	ano
	<i>max 2,85</i>	<i>18 m</i>	0,66	0,66	0,65	ano
stupeň IAL	<i>max 6,0</i>	<i>3 m</i>	2,44	2,34	2,33	ano
	<i>max 4,8</i>	<i>6 m</i>	1,26	1,30	1,30	ano
	<i>max 3,2</i>	<i>12 m</i>	0,90	0,89	0,90	ano
	<i>max 3,0</i>	<i>18 m</i>	0,66	0,66	0,65	ano

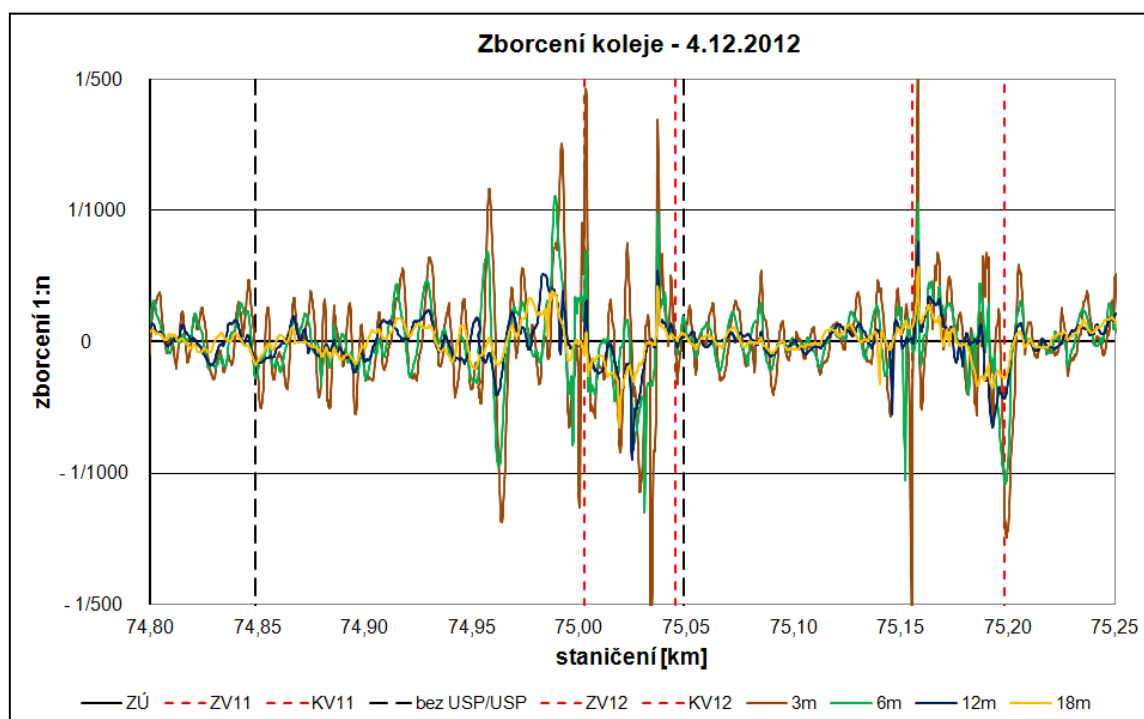
Tab. č. 13 - Provozní a mezní provozní odchylky zborcení koleje pro úsek žst. Planá nad Lužnicí



Graf č. 50 - Zborcení koleje - 25. 3. 2012 v úseku v žst. Planá nad Lužnicí



Graf č. 51 - Zborcení koleje - 11. 7. 2012 v úseku v žst. Planá nad Lužnicí



Graf č. 52 - Zborcení koleje - 4. 12. 2012 v úseku v žst. Planá nad Lužnicí

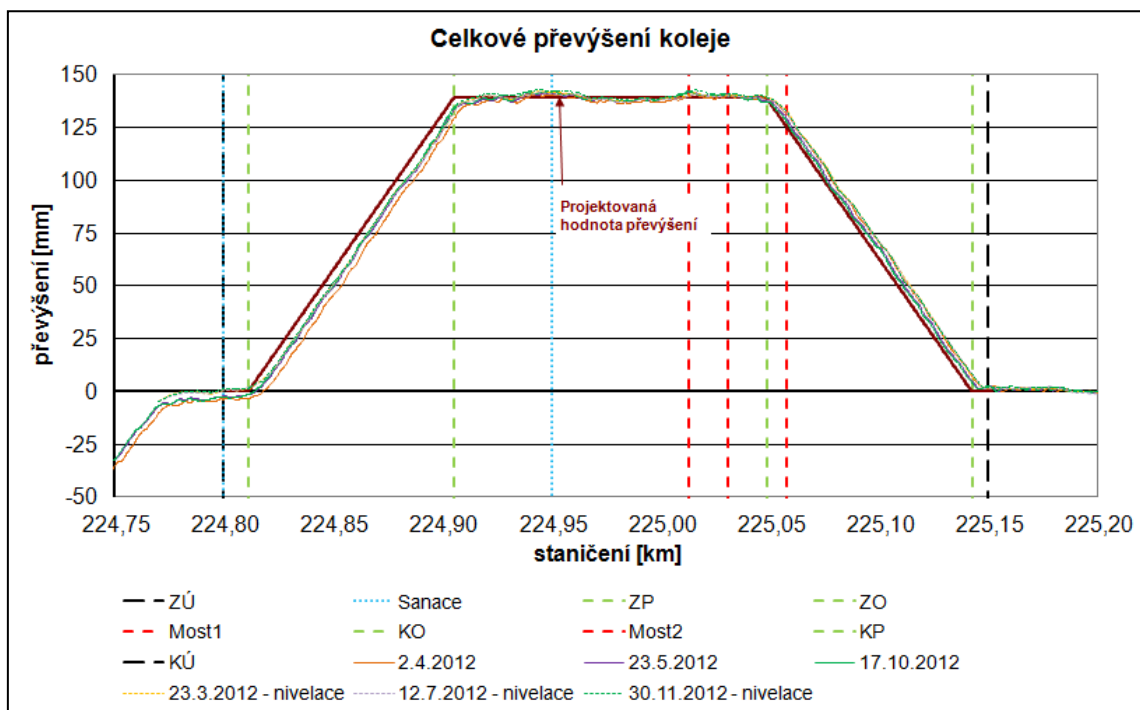
9.3 Porovnání nivelace - měřicí vůz

Při porovnávání je třeba si uvědomit, že měřicí vůz oproti nivelaci měří převýšení koleje pod zatížením a vzdálenost měřených bodů je mnohem menší než u přesné nivelace. Zpracovala jsem porovnání pro převýšení a zborcení koleje. V grafu jsou vždy vyneseny odchylky z tří měření přesné nivelace a tří měření měřicím vozem provedených v roce 2012. Porovnání bylo zpracováno pro oba zkušební úseky.

9.3.1 Převýšení

9.3.1.1 Havlíčkův Brod - Okrouhlice

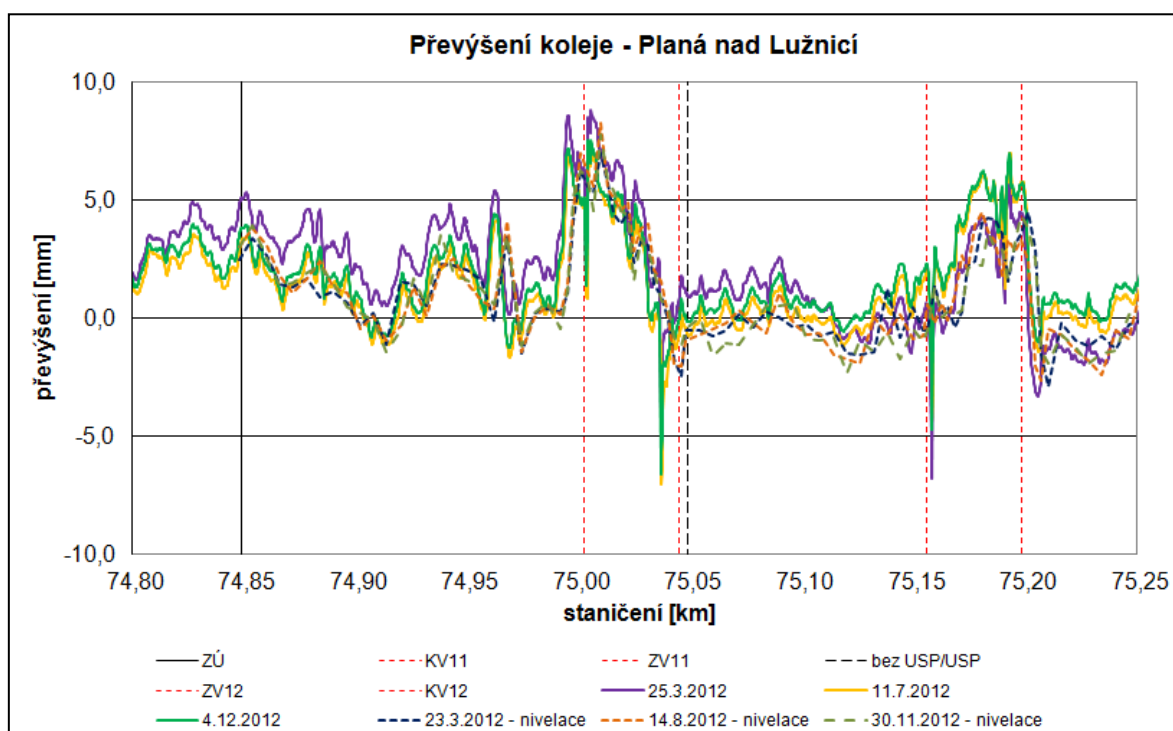
Převýšení koleje spočítané z přesné nivelace má menší odchylky od projektované hodnoty převýšení. Mezi jednotlivými měřeními jsou tak malé rozdíly, že v grafu zcela splývají. V grafu je patrný rozdíl mezi odchylkami z měřicího vozu a z přesné nivelace.



Graf č. 53 - Celkové převýšení koleje - Havlíčkův Brod - Okrouhlice

9.3.1.2 Planá nad Lužnicí

Převýšení má stejný průběh pro měření nivelací i měřicím vozem. Jediný podstatný rozdíl je v místě výměnových částí výhybek, kde je lokální nárůst odchylky u měření měřicím vozem až na hodnotu - 7 mm. U přesné nivelace jsou výsledky z jednotlivých měření téměř stejné. Oproti tomu, u měřicího vozu jsou podstatně větší rozdíly, místy až 2 mm.



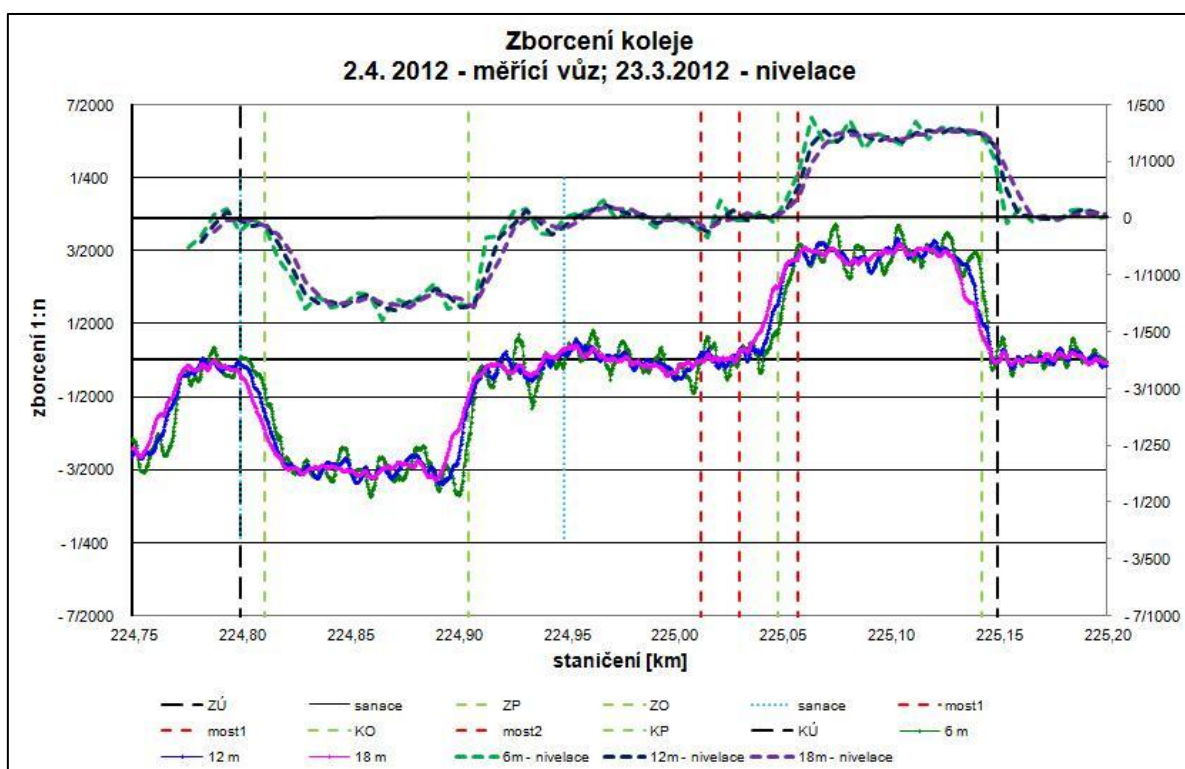
Graf č. 54 - Převýšení koleje - Planá nad Lužnicí

9.3.2 Zborcení koleje

Vzhledem k tomu, že rozdíly mezi zborcením jsou pro jednotlivá měření malá, je porovnání provedeno vždy pouze pro jedno měření z měřicího vozu a přesné nivelace. Pro lepší porovnání jsou výsledky vloženy do jednoho grafu ale vztaženy ke dvěma x-ovým osám. Porovnávána jsou vždy data, která byla měřena ve stejném období.

9.3.2.1 Havlíčkův Brod - Okrouhlice

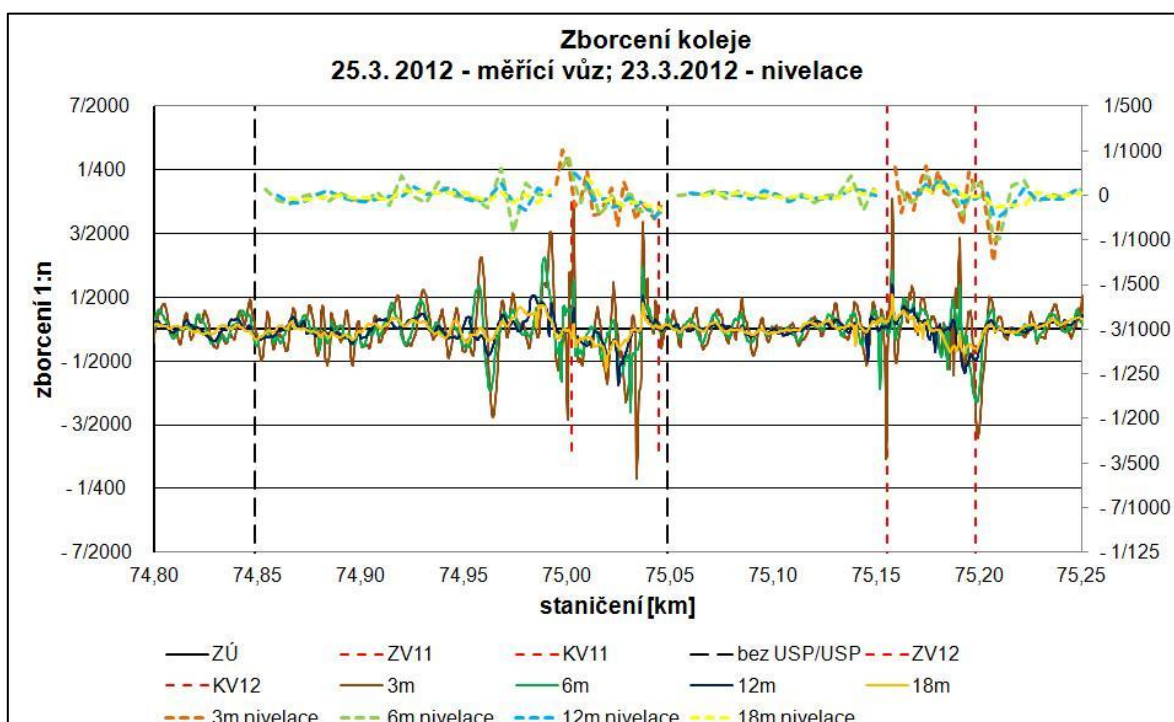
Charakter zborcení je pro oba způsoby měření stejný. U přesné nivelace nejsou pro měřicí základnu délky 6 m tak častá lokální zvětšení zborcení jako u měřicího vozu a zborcení má plynulejší průběh. V přechodnicích jsou místa, kde je nárůst zborcení ve stejných místech pro různá měření.



Graf č. 55 - Zborcení koleje - Havlíčkův Brod - Okrouhlice

9.3.2.2 Planá nad Lužnicí

U zborcení v žst. Planá nad Lužnicí jsou stejné rozdíly mezi zborcením spočítaným z přesné nivelace a zborcením z dat z měřicího vozu jako u zkušebního úseku Havlíčkův Brod - Okrouhlice. Hodnoty zborcení ve výhybkách z přesné nivelace jsou poloviční oproti hodnotám z měřicího vozu. Zborcení má ale pro oba způsoby měření stejný průběh a k lokálním nárůstům zborcení dochází ve stejných staničích.



Graf č. 56 - Zborcení koleje - Planá nad Lužnicí

10 Závěr

Tato diplomová práce byla zaměřena na hodnocení konstrukce železničního svršku s pražci s podpražcovými podložkami ve zkušebních úsecích Havlíčkův Brod - Okrouhlice a v žst. Planá nad Lužnicí. Cílem práce bylo zhodnocení vlivu podpražcových podložek na geometrické parametry koleje.

Pro vyhodnocení sedání ve zkušebních úsecích byla použita metoda přesné nivelace. Z hlediska sedání je těžké hovořit o velmi příznivém, nebo nepříznivém vlivu podpražcových podložek. V úseku Havlíčkův Brod - Okrouhlice je pro porovnání zvolen krátký úsek bez USP. Navíc je v porovnávaném úseku použitý jiný typ upevnění kolejnice k pražci než v úseku s USP, což ztěžuje interpretaci vlivu USP na kvalitu GPK. Porovnávána je tedy konstrukce koleje s USP s upevněním E 14. K největšímu sedání v tomto úseku dochází v oblasti mostních konstrukcí.

V úseku žst. Planá nad Lužnicí byl pro porovnání zvolen přibližně stejně dlouhý úsek koleje s a bez podpražcových podložek, což umožňuje lepší porovnání. V úseku s i bez USP je situována výhybka. K největšímu sedání dochází ve výhybkách a je stejné pro úsek s USP i

bez USP. Pozitivní vliv podpražcových podložek na sedání koleje se projevuje v úseku koleje mezi výhybkami. V této oblasti je sedání koleje rovnoměrnější a o něco málo menší než v přilehlých úsecích. Rozdíly v sedání nejsou ale výrazné, dochází jen k malému zpomalení sedání.

Výsledky zborcení koleje jsem vyhodnocovala z metody přesné nivelace a z výsledků měřicího vozu. Průběh zborcení koleje z přesné nivelace a z dat z měřicího vozu je obdobný, tzn. zvýšení, respektive snížení hodnot nastává ve stejných místech. Podpražcové podložky mají na parametr zborcení koleje pozitivní vliv. V žst. Planá nad Lužnicí je zborcení koleje v úseku mezi výhybkami až poloviční oproti úseku bez USP. Také ve výhybkách lze pozorovat pozitivní vliv USP. Hodnoty zborcení koleje pro měřicí základnu délky 3 m a 6 m jsou ve výhybce č. 12 až o třetinu menší oproti výhybce č. 11, která je bez USP. Jediné místo, kde je zborcení koleje větší s USP oproti úseku bez USP, je za výhybkou č. 12, tj. v oblasti přechodu koleje z dlouhých pražců za výhybkou na krátké pražce v přípoji výhybky. V úseku Havlíčkův Brod - Okrouhlice nelze zjistit přínos USP, pro porovnání zborcení koleje s USP a bez USP není dostatečně dlouhý úsek bez USP.

Odchytky převýšení koleje jsou v úseku s USP v žst. Planá nad Lužnicí menší a to jak ve výhybce, tak v koleji mimo výhybku. Na odchytky převýšení koleje mají podpražcové podložky pozitivní vliv. V úseku Havlíčkův Brod - Okrouhlice jsou odchytky stejné po celé délce zkušebního úseku nezávisle na přítomnosti USP.

Podpražcové podložky mají největší vliv na podélnou výšku koleje. Především v úseku žst. Planá nad Lužnicí jsou odchytky výrazně nižší oproti úseku bez podpražcových podložek. V úseku Havlíčkův Brod - Okrouhlice lze také pozorovat zlepšení v oblasti s USP. K zvětšování odchytky zde dochází velmi pomalu a v roce 2012 došlo dokonce ke snížení odchylek oproti roku 2011. Největší odchytky jsou v oblasti mostů a výhybek. Pro obě výhybky jsou odchytky srovnatelné.

Velký přínos USP je také u parametru směr koleje, kde jsou odchytky v oblasti mezi výhybkami (s USP) až poloviční oproti úseku bez USP. Také výhybka č. 12 s USP vykazuje zlepšení a odchytky jsou zde menší oproti výhybce č. 11 (bez USP). Obdobné přínosy jsou pozorovány také ve zkušebním úseku Havlíčkův Brod - Okrouhlice. Rozdíly v odchylkách nejsou sice tak výrazné jako v žst. Planá nad Lužnicí, ale zlepšení je zde také dobře viditelné. Také v oblasti mostů není velký nárůst odchylek, jen jsou mírně zvýšené, srovnatelné s velikostí odchylek v úseku bez USP.

Dle mého názoru byl vývoj kvality GPK v úseku v žst. Planá nad Lužnicí významně ovlivněn problémy, se kterými se úsek potýkal na začátku svého vybudování (viz kapitola 5.2.1). Myslím, že absence osmi dlouhých pražců s USP a opačně nalepené podpražcové podložky na krátkých pražcích po dobu asi 3 měsíců má na konstrukci koleje neopomíjený vliv, byť byla traťová rychlost po zjištění tohoto nedostatku snížena na 30 km/h. Navíc po provedení úpravy a uvedení zkušebního úseku do požadovaného stavu byl úsek koleje s USP podbit, celkem 3x (úsek bez USP byl podbit pouze 1x).

Z celkového hlediska bych zhodnotila vliv podpražcových podložek v konstrukci kolejové jízdní dráhy jako pozitivní. USP jsou jednoznačně pozitivní pro oblast mezi výhybkami. Ve výhybce se zatím vliv neprojevil, což ale může souviset s projetou zátěží nebo s problémy při budování trati. Také tam bylo provedeno dvojí podbití, což má vliv na geometrii trati. V úseku Havlíčkův Brod - Okrouhlice je z hlediska sedání lepší upevnění E 14, ale v současné době se upevnění E 14 potýká s problémy a předpokládá se, že toto upevnění nebude dále doporučováno.

Výsledky získané na zkušebních úsecích v České republice jsou odlišné od výsledků zahraničních pozorování a výzkumných ústavů, ale je třeba si uvědomit krátkodobé působení na našich tratích. Důležitým kritériem je také provozní zátěž, čím větší, tím dříve se vliv USP projeví. Největší přínos USP jsem zjistila především ve snížení odchylek v podélné výšce koleje, směru koleje a zborcení koleje.

Seznam použitých zdrojů

- [1] ADAMEK, R., *Podložky pod ložnou plochou pražce a jejich pozitivní vliv na geometrickou polohu koleje*, Vědeckotechnický sborník ČD č. 21, Praha 2006
- [2] BIDOVSÝ, M., *Hodnotenie konštrukcie železničného zvršku s podvalmi s pružnou ložnou plochou*. Diplomová práce, VUT v Brně, Fakulta stavební, Brno, 2006, 67 stran
- [3] Internet, www.mapy.cz
- [4] Internet, www.tiflex.co.uk/track_home/under/under.html
- [5] Materiály firmy Getzner publikované na jednáních UIC v rámci řešení projektu USP
- [6] MÜLLER, R., *Mitigation Measures for open lines against vibration and Ground-Borne Noise: A.Swiss Overview*
- [7] PLÁŠEK, O., *Hodnocení zkušebních úseků pro pražce s pružnou ložnou plochou - 2008*, Zpráva SŽDC. Brno, 2008
- [8] PLÁŠEK, O., ZVĚŘINA, P., SVOBODA, R., MOCKOVČIAK, M.: *Železniční stavby. Železniční spodek a svršek. 1.vyd.*, Brno:CERM, 2004.291 stran, ISBN 80-214-2621-7
- [9] PUDA, B., *Pražce s pružnou ložnou plochou*, Seminář Železniční dopravní cesta, Ostrava, 2006
- [10] SYCHROVSKÝ, P., *Nové diagnostické prostředky pro měření železničního svršku u Českých drah*, Vědeckotechnický sborník ČD, Praha 2009
- [11] STJEPAN. L., *Experimental investigation of railway track with under sleeper pad*, Portorož, 2012
- [12] UIC Project No. I/05/U/440; Paris, 10/2006
- [13] VEIT, P., MARSCHNIG, S., *Making a case for under-sleeper pads, 2011*
- [14] Výstupy z měřících vozů v období 2009 - 2011
- [15] Výstupy z přesné nivelace z období 2008 - 2011

Seznam použitých norem a předpisů

- [16] Služební předpis ČD SR 103/4 (S), „*Využívání měřících vozů pro železniční svršek s kontinuálním měřením tratě pod zatížením*“
- [17] Česká technická norma 73 6360-2, Část 2: Stavba a přejímka, provoz a údržba

Seznam symbolů a zkratek

<i>AL</i>	mez sledování
<i>CZK</i>	celková známka kvality
<i>ČD</i>	České Dráhy a.s.
<i>DB</i>	Deutsche Bahn
<i>EVA</i>	etyl vinyl acetát
<i>GPK</i>	geometrické parametry koleje
<i>IAL</i>	mez bezodkladného zásahu
<i>IL</i>	mez zásahu
<i>k, q</i>	koeficienty
<i>n</i>	počet vzorků měření
<i>ÖBB</i>	Österreichische Bundesbahnen
<i>SBB</i>	Schweizerische Bundesbahnen
<i>SDO</i>	směrodatná odchylka
<i>SNCF</i>	Société Nationale des Chemins de fer Français
<i>SŽDC</i>	Správa železniční dopravní cesty s.o.
<i>TGV</i>	Train à Grande Vitesse (trať pro vysokorychlostní vlaky ve Francii)
<i>TMS</i>	track measuring systém
<i>UIC</i>	mezinárodní železniční unie
<i>USP</i>	under sleeper pads (podpražcové podložky)
<i>V</i>	rychlost
<i>w</i>	váhy jednotlivých veličin, stanovené na základě korelační analýzy
<i>X_i</i>	odchylka geometrické hodnoty veličiny
<i>ZKV</i>	známka kvality
<i>ZP</i>	známka podbíjení
<i>ŽPSV</i>	železniční průmyslová stavební výroba

Seznam obrázků

Obr. č. 1 - Umístění USP v konstrukci železniční dráhy	4
Obr. č. 2 - Výroba spoje USP - pražec	6
Obr. č. 3 - Tvar USP na betonovém pražci	7
Obr. č. 4 - Roznos zatížení s/bez USP	8
Obr. č. 5 - Použití USP pro přechod mezi různými tuhostmi koleje	11
Obr. č. 6 - Stav parametru podélné výšky kolejnicových pásů - trať TGV: Paris - Marseille..	13
Obr. č. 7 - Přínos USP zjištěný studií WINS	14
Obr. č. 8 - Zkušební úsek Havlíčkův Brod - Okrouhlice	16
Obr. č. 9 - Rozvržení zkušebního úseku Havlíčkův Brod - Okrouhlice	17
Obr. č. 10 - Zkušební úsek v žst. Planá nad Lužnicí	18
Obr. č. 11 - Rozvržení zkušebního úseku pro výhybku v žst. Planá nad Lužnicí	19
Obr. č. 12 - Geodetické přístroje a pomůcky	22
Obr. č. 13 – Měřicí vůz	25

Seznam tabulek

Tab. č. 1 - Míra zatlačení zrn kolejového lože do USP	5
Tab. č. 2 - Aktivní plochy dotyku mezi pražcem a kolejovým ložem	5
Tab. č. 3 - Hodnoty parametru w	29
Tab. č. 4 - Záporné odchylky - PK od projektované hodnoty převýšení v úseku Havlíčkův Brod - Okrouhlice	45
Tab. č. 5 - Provozní a mezní provozní odchylky veličin SL, SP pro úsek Havlíčkův Brod - Okrouhlice	49
Tab. č. 6 - Provozní a mezní provozní odchylky veličin VL, VP pro úsek Havlíčkův Brod - Okrouhlice	51
Tab. č. 7 - Provozní a mezní provozní odchylky veličiny RK pro úsek Havlíčkův Brod - Okrouhlice	54
Tab. č. 8 - Provozní a mezní provozní hodnoty zborcení koleje pro úsek Havlíčkův Brod - Okrouhlice.....	56
Tab. č. 9 - Provozní a mezní provozní odchylky veličiny PK od projektované hodnoty v žst. Planá nad Lužnicí	58

Tab. č. 10 - Provozní a mezní provozní odchylky veličin SL, SP pro úsek žst. Planá nad Lužnicí	61
Tab. č. 11 - Provozní a mezní provozní odchylky veličin VL, VP pro úsek žst. Planá nad Lužnicí	64
Tab. č. 12 - Provozní a mezní provozní odchylky veličiny RK pro úsek žst. Planá nad Lužnicí	66
Tab. č. 13 - Provozní a mezní provozní odchylky zborcení koleje pro úsek žst. Planá nad Lužnicí	68

Seznam grafů

Graf č. 1 - Podélný řez kolejnicovými pásy v úseku Havlíčkův Brod - Okrouhlice	31
Graf č. 2 - Odchylky vůči vyrovnanému stavu II v úseku Havlíčkův Brod - Okrouhlice	32
Graf č. 3 - Časový vývoj sedání v úseku Havlíčkův Brod - Okrouhlice	33
Graf č. 4 - Sedání vůči stavu 5. 12. 2008 v úseku Havlíčkův Brod - Okrouhlice	34
Graf č. 5 - Zborcení koleje 23. 3. 2012 v úseku Havlíčkův Brod - Okrouhlice	35
Graf č. 6 - Zborcení koleje 12. 7. 2012 v úseku Havlíčkův Brod - Okrouhlice	35
Graf č. 7 - Zborcení koleje 30. 11. 2012 v úseku Havlíčkův Brod - Okrouhlice	36
Graf č. 8 - Směrodatná odchylka zborcení koleje 23. 3. 2012 v úseku Havlíčkův Brod - Okrouhlice	36
Graf č. 9 - Směrodatná odchylka zborcení koleje 12. 7. 2012 v úseku Havlíčkův Brod - Okrouhlice	37
Graf č. 10 - Směrodatná odchylka zborcení koleje 30. 11. 2012 v úseku Havlíčkův Brod - Okrouhlice	37
Graf č. 11 - Odchylky od průběhu nivelety v žst. Planá nad Lužnicí	38
Graf č. 12 - Odchylky od průběhu nivelety - výhybka č. 12 v žst. Planá nad Lužnicí	39
Graf č. 13 - Vývoj sedání vybraných úseků v žst. Planá nad Lužnicí	40
Graf č. 14 - Sedání vůči stavu 19. 8. 2009 v žst. Planá nad Lužnicí	41
Graf č. 15 - Zborcení koleje 23. 3. 2012 v žst. Planá nad Lužnicí	42
Graf č. 16 - Zborcení koleje 14. 8. 2012 v žst. Planá nad Lužnicí	42
Graf č. 17 - Zborcení koleje 30. 11. 2012 v žst. Planá nad Lužnicí	43
Graf č. 18 - Směrodatná odchylky zborcení koleje 23. 3. 2012 v žst. Planá nad Lužnicí	44

Graf č. 19 - Směrodatná odchylky zborcení koleje 14. 8. 2012 v žst. Planá nad Lužnicí	44
Graf č. 20 - Směrodatná odchylky zborcení koleje 30.11.2012 v žst. Planá nad Lužnicí	44
Graf č. 21 - Odchylky v převýšení koleje v úseku Havlíčkův Brod - Okrouhlice	46
Graf č. 22 - Směrodatné odchylky v převýšení koleje v úseku Havlíčkův Brod - Okrouhlice	46
Graf č. 23 - Celkové převýšení koleje v úseku Havlíčkův Brod - Okrouhlice	47
Graf č. 24 - Odchylky ve směru koleje (1-25m) v úseku Havlíčkův Brod - Okrouhlice	48
Graf č. 25 - Směrodatné odchylky ve směru koleje (1-25m) v úseku Havlíčkův Brod - Okrouhlice	48
Graf č. 26 - Odchylky ve směru koleje - levý kolejnicový pás v úseku Havlíčkův Brod - Okrouhlice	49
Graf č. 27 - Odchylky ve směru koleje - pravý kolejnicový pás v úseku Havlíčkův Brod - Okrouhlice	50
Graf č. 28 - Směrodatné odchylky - směr koleje v úseku Havlíčkův Brod - Okrouhlice	50
Graf č. 29 - Odchylky v podélné výšce levého kolejnicového pásu v úseku Havlíčkův Brod - Okrouhlice	52
Graf č. 30 - Odchylky v podélné výšce pravého kolejnicového pásu v úseku Havlíčkův Brod - Okrouhlice	52
Graf č. 31 - Směrodatné odchylky - podélná výška koleje v úseku Havlíčkův Brod - Okrouhlice	53
Graf č. 32 - Odchylky - rozchod koleje v úseku Havlíčkův Brod - Okrouhlice	54
Graf č. 33 - Směrodatné odchylky - rozchod koleje v úseku Havlíčkův Brod - Okrouhlice	55
Graf č. 34 - Zborcení koleje 23. 5. 2012 v úseku Havlíčkův Brod - Okrouhlice	56
Graf č. 35 - Zborcení koleje 2. 4. 2012 v úseku Havlíčkův Brod - Okrouhlice	56
Graf č. 36 - Zborcení koleje 17. 10. 2012 v úseku Havlíčkův Brod - Okrouhlice	57
Graf č. 37 - Odchylky v převýšení koleje v žst. Planá nad Lužnicí	58
Graf č. 38 - Směrodatné odchylky - převýšení koleje v úseku v žst. Planá nad Lužnicí	59
Graf č. 39 - Celkové převýšení koleje v úseku v žst. Planá nad Lužnicí	59
Graf č. 40 - Odchylky ve směru koleje v úseku v žst. Planá nad Lužnicí	60
Graf č. 41 - Směrodatné odchylky ve směru koleje v úseku v žst. Planá nad Lužnicí	61
Graf č. 42 - Odchylky ve směru koleje - levý kolejnicový pás v úseku v žst. Planá nad Lužnicí	62

Graf č. 43 - Odchyly ve směru koleje - pravý kolejnicový pás v úseku v žst. Planá nad Lužnicí	62
Graf č. 44 - Směrodatné odchyly - směr koleje v úseku v žst. Planá nad Lužnicí	63
Graf č. 45 - Odchyly v podélné výšce koleje - levý kolejnicový pás v úseku v žst. Planá nad Lužnicí	64
Graf č. 46 - Odchyly v podélné výšce koleje - pravý kolejnicový pás v úseku v žst. Planá nad Lužnicí	65
Graf č. 47 - Směrodatné odchyly - podélná výška v úseku v žst. Planá nad Lužnicí	65
Graf č. 48 - Odchyly v rozchodu koleje v úseku v žst. Planá nad Lužnicí	66
Graf č. 49 - Směrodatné odchyly v rozchodu koleje v úseku v žst. Planá nad Lužnicí	67
Graf č. 50 - Zborcení koleje - 25. 3. 2012 v úseku v žst. Planá nad Lužnicí	68
Graf č. 51 - Zborcení koleje - 11. 7. 2012 v úseku v žst. Planá nad Lužnicí	69
Graf č. 52 - Zborcení koleje - 4. 12. 2012 v úseku v žst. Planá nad Lužnicí	69
Graf č. 53 - Celkové převýšení koleje - Havlíčkův Brod - Okrouhlice	70
Graf č. 54 - Převýšení koleje - Planá nad Lužnicí	71
Graf č. 55 - Zborcení koleje - Havlíčkův Brod - Okrouhlice	72
Graf č. 56 - Zborcení koleje - Planá nad Lužnicí	73